



CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"



Graduado en Ingeniería Informática

Universidad Politécnica de Madrid

Escuela Técnica Superior de
Ingenieros Informáticos

TRABAJO FIN DE GRADO

Aplicación web para control del Observatorio
Astronómico Francisco Manuel Sánchez

Autor: Rafael Trujillo Fernández

Director: Francisco Rosales García

MADRID, JULIO 2017

Resumen

Este proyecto consiste en el desarrollo de una aplicación web responsive que permite controlar remotamente el telescopio del Observatorio Francisco Manuel Sánchez. El desarrollo de la aplicación se centra en la parte gráfica de la misma, haciendo uso de la API REST que se está implementando en el Observatorio para hacer uso de las diferentes funcionalidades que ofrece.

El usuario podrá reservar un intervalo de tiempo para poder teleoperar el telescopio en dos experimentos: Solar y Nocturno. Mediante la realización de estos experimentos, el usuario puede apuntar el telescopio a cualquier posición u objetivo, hacer un seguimiento del Sol o la Luna, según el experimento, y ajustar parámetros de la cámara acoplada al telescopio. Además, el usuario puede conocer el estado del Observatorio en tiempo real (tiempo meteorológico, visualización del exterior e interior del Observatorio y estado de sus diferentes componentes).

Palabras clave: aplicación web, responsive, observatorio, teleoperación.

Abstract

The project consists of the development of a responsive web application, which allows to remotely control the Francisco Manuel Sánchez Observatory's telescope. The development of the application focuses on the graphic part, using the API REST that is being implemented in the observatory to take advantage of the different features it provides.

The user will be able to save a time slot to teleoperate the telescope in two experiments: Solar and Nocturnal. By carrying out the experiments, the user can aim the telescope to any position or target, tracking the Sun or the Moon, according to the experiment, and adapting the parameters of the camera coupled to the telescope. In addition, the user can know the condition of the observatory in real time (weather, displaying the outside and the inside of the observatory and the condition of its different components).

Keywords: web application, responsive, observatory, teleoperation.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	II
ABSTRACT	IV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.2 MATERIAL UTILIZADO	2
1.3 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	3
2. ESTADO DEL ARTE DE APLICACIONES PARA EL CONTROL DE OBSERVATORIOS ASTRONÓMICOS	4
2.1 INTRODUCCIÓN	4
2.2 HISTORIA DE LOS OBSERVATORIOS ASTRONÓMICOS ROBÓTICOS AUTÓNOMOS	4
3. SITUACIÓN ACTUAL DEL OBSERVATORIO FRANCISCO MANUEL SÁNCHEZ.....	11
3.1 GRUPO CÍCLOPE	12
3.1.1 Áreas de investigación	12
3.1.1.1 Ciencia ciudadana.....	12
3.1.1.2 Laboratorios remotos educativos.....	13
3.1.2 Proyectos.....	14
3.1.2.1 Proyecto “Cazadores de Asteroides” (Actualidad)	14
3.1.2.2 Proyecto MEGARA (2010 - Actualidad)	14
3.1.2.3 Proyecto GLORIA (2011 - 2014).....	15
3.1.2.4 Proyecto ASTROMADRID (2010 -2013)	15
3.1.2.5 Proyecto ASTROCAM (2006 -2009).....	16
3.1.2.6 Proyecto COLDEX (2002 - 2005)	16
4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB	17
4.1 INTRODUCCIÓN	17
4.2 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	17
4.3 TECNOLOGÍAS A UTILIZAR.....	19
4.3.1 AngularJS.....	19
4.3.2 Comparativa entre AngularJS y otros Frameworks.....	20
4.4 ARQUITECTURA Y ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN	22
4.5 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	24
4.6 DESPLIEGUE Y PRUEBAS	42
5. CONCLUSIONES.....	43
5.1 CONCLUSIÓN	43
5.2 FUTURAS MEJORAS	43
BIBLIOGRAFÍA	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Primer telescopio controlado por ordenador, Universidad de Wisconsin 1968.....	5
Figura 2.2: Telescopio Alt-azimuthal (BTA), Monte Pastukhova, Rusia.....	6
Figura 2.3: Wyoming InfraRed Observatory, Wyoming, EEUU.....	6
Figura 2.4: The Carlsberg Meridian Circle (La Palma de Gran Canaria, España).....	7
Figura 2.5: Primeros APT.....	7
Figura 2.6: Telescopios robóticos en el mundo.....	8
Figura 4.1: Arquitectura AngularJS [31].....	22
Figura 4.2: Creación del módulo que contiene la aplicación.....	25
Figura 4.3: Directiva ngApp y ngCloak en la etiqueta html.....	25
Figura 4.4: Configuración de rutas.....	26
Figura 4.5: Mapa de navegación de la aplicación.....	27
Figura 4.6: Script de Google Analytics.....	27
Figura 4.7: Código Google Analytics en el controlador “inicioController”.....	28
Figura 4.8: Uso del servicio \$http con una petición GET.....	28
Figura 4.9: Menú de navegación en versión móvil.....	29
Figura 4.10: Página de inicio en versión de escritorio.....	30
Figura 4.11: Página de inicio en versión móvil.....	30
Figura 4.12: Página de equipamiento en versión de escritorio.....	31
Figura 4.13: Página de equipamiento en versión móvil.....	31
Figura 4.14: Página de “Acerca de” en versión de escritorio.....	32
Figura 4.15: Página de “Acerca de” en versión móvil.....	32
Figura 4.16: Página de Contacto en versión de escritorio.....	33
Figura 4.17: Página de Contacto en versión móvil.....	33
Figura 4.18: Página de Registro de usuario en versión de escritorio.....	34
Figura 4.19: Página de Registro de usuario en versión móvil.....	34
Figura 4.20: Página Inicio de sesión en versión de escritorio.....	35
Figura 4.21: Página de Inicio de sesión en versión móvil.....	35
Figura 4.22: Página de Recuperar contraseña en versión de escritorio.....	36
Figura 4.23: Página de Recuperar contraseña en versión móvil.....	36
Figura 4.24: Esquema de solicitud de un nuevo experimento.....	37
Figura 4.25: Página para la reserva de Experimentos en versión de escritorio.....	37
Figura 4.26: Página para la reserva de Experimentos en versión móvil.....	38
Figura 4.27: Esquema gestión de reservas del usuario.....	38
Figura 4.28: Página de Perfil de usuario en versión de escritorio.....	39
Figura 4.29: Página de Perfil de usuario en versión móvil.....	39
Figura 4.30: Página de Observación en versión de escritorio I.....	40
Figura 4.31: Página de Observación en versión de escritorio II.....	41
Figura 4.32: Página de Observación en versión móvil.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Porcentaje de uso de observatorios astronómicos en el mundo. Año 2016 [8]9

Capítulo 1

Introducción

El Observatorio astronómico Francisco Manuel Sánchez se encuentra ubicado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid. Es el primer Observatorio Astronómico del mundo de acceso libre a través de internet. Inaugurado en el año 2009, el Observatorio fue creado por el Grupo Cíclope [1], fundado en el año 2001 por el profesor Francisco Manuel Sánchez Moreno y dedicado a la astronomía.

La astronomía ha estado ligada al ser humano desde la antigüedad y todas las civilizaciones han tenido contacto con esta ciencia. En la astronomía no hay un límite que alcanzar en cuanto a investigación, ya que la inmensa mayoría de cuerpos celestes del universo están por descubrir por lo que es uno de los pocos campos científicos en los que los aficionados pueden desempeñar un papel activo, ayudando en el descubrimiento y seguimiento de cuerpos celestes. Por eso, últimamente están creciendo los llamados proyectos de ciencia ciudadana con esta finalidad. El Grupo Cíclope [1] ya ha participado en proyectos de este tipo, como el proyecto GLORIA (GLObal Robotic-telescopes Intelligent Array) [2] una red de telescopios global que permite que cualquier persona desde el ordenador de su casa o app pueda observar el espacio de forma remota.

Para llevar a cabo una investigación o permitir que cualquier aficionado o profesional del sector pueda observar el espacio, evitando tener que desplazarse a un observatorio y acceder a los instrumentos astronómicos necesarios, se pretende crear una aplicación web desde la cual se pueda hacer uso del Observatorio Francisco Manuel Sánchez, de su telescopio, sus cámaras y de los datos de su estación meteorológica. Para ello y debido al constante crecimiento en el consumo de páginas web en dispositivos móviles (smartphones y tablets), esta aplicación web y los elementos que la componen tienen que adaptarse a cualquier dispositivo, es decir, a cualquier pantalla desde la que el usuario la visualice, para que la experiencia del usuario sea más que satisfactoria. Una de las llamadas actualmente aplicaciones responsive.

1.1 Objetivos

La finalidad del trabajo es la de desarrollar una aplicación web responsive mediante la cual, cualquier usuario pueda utilizar remotamente el Observatorio Astronómico Francisco Manuel Sánchez.

Para alcanzar esta finalidad, los objetivos y las funcionalidades de las que debe disponer la aplicación son los siguientes:

- Visualizar el estado de los dispositivos del Observatorio (cámara CCD, cúpula, telescopio y estación meteorológica)
- Visualizar el interior de la cúpula.
- Cambiar parámetros de configuración de las cámaras CCD (brillo, contraste, tiempo de exposición, etc.)
- Tomar imágenes y video.
- Descargar imágenes y vídeos tomados.
- Mover la cúpula.
- Mover el telescopio.
- Registrar usuarios.
- Reservar un espacio de tiempo para hacer uso del Observatorio.

1.2 Material utilizado

El desarrollo de este trabajo se ha llevado a cabo en un ordenador portátil con el sistema operativo Windows 10 junto con un monitor fullHD de 23 pulgadas que funcionaba de segunda pantalla.

Como entorno de desarrollo se ha utilizado Atom junto con el navegador Google Chrome y su consola de desarrollo. Para la visualización de la interfaz de usuario se ha usado, además de Google Chrome, la aplicación Blisk en la cual se puede visualizar la aplicación web en multitud de dispositivos (smartphones, tablets y monitores) y probar la interfaz de usuario en cada uno de ellos.

Para el mantenimiento de versiones de la aplicación se ha hecho uso de Git, un software de control de versiones, creando un repositorio en Bitbucket.

La aplicación web se aloja en un servidor remoto con lo cual se ha utilizado el cliente SSH PuTTY para poder conectarse al servidor, junto con WinSCP, un cliente SFTP para la transferencia de archivos entre la máquina y el servidor.

La aplicación se ha implementado en los lenguajes de programación web HTML, CSS y JavaScript y para darle funcionalidad a la aplicación se ha decidido utilizar el framework Bootstrap junto con la librería de JavaScript jQuery y el framework, basado en JavaScript, AngularJS.

1.3 Estructura del documento

Este documento se va a dividir en los siguientes capítulos:

- Capítulo 1: se realiza la introducción al trabajo, a los objetivos de éste y a la estructura del documento.
- Capítulo 2: se muestra una visión histórica del control de observatorios astronómicos y su evolución. Desde su uso manual, hasta el uso que se le da en la actualidad a grandes observatorios robóticos autónomos teleoperados, gracias a aplicaciones a través de internet.
- Capítulo 3: se muestra la situación actual del Observatorio Francisco Manuel Sánchez y del grupo que lo dirige, el Grupo Cíclope, mostrando proyectos en los que están o han estado involucrados.
- Capítulo 4: se detalla la arquitectura, la estructura y el desarrollo de la aplicación.
- Capítulo 5 se analiza el trabajo desarrollado aportando una conclusión y futuras mejoras para la aplicación.

Capítulo 2

Estado del arte de aplicaciones para el control de observatorios astronómicos

2.1 Introducción

En este capítulo se hablará de la evolución de los observatorios astronómicos a lo largo de los años, de los instrumentos de medición, de los sistemas de cómputo y como han ido desarrollando una cierta autonomía. Desde el uso manual de un telescopio a cómo, en la actualidad, son las computadoras y diversos circuitos electrónicos, los que controlan todos los elementos de un observatorio manejados remotamente por nosotros, gracias al uso de aplicaciones a través de internet.

Para saber en qué situación se encuentran hoy, es necesario echar una mirada atrás en la historia.

2.2 Historia de los Observatorios Astronómicos Robóticos Autónomos

La astronomía es uno de los campos científicos más antiguos a los que el ser humano ha estado unido desde nuestro origen, todas las civilizaciones antiguas han investigado en este campo científico. Los observatorios astronómicos más arcaicos [3] fueron los construidos en las antiguas Mesopotamia, China, India, Egipto y en algunos pueblos de América. Estaban principalmente dedicados a observar los astros del cielo visible. Con el paso de los años los observatorios astronómicos han ido evolucionado con telescopios más grandes y lentes cada vez más sofisticadas, hasta como los conocemos hoy en día, grandes telescopios robotizados, controlados por ordenador, que pueden apuntar a cualquier posición en el cielo.

La palabra “Robot” se utilizó por primera vez en 1920 en una obra llamada “Los Robots Universales de Rossum” [4], escrita por el dramaturgo checo Karel Čapek. La palabra checa “Robota” que aparece en esta obra significa “trabajos forzados”, y cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término “Robot”.

Este concepto de “Robot” [5] ha ido evolucionando a lo largo de los años principalmente gracias al avance de la tecnología. Se puede definir *Robot* como un sistema mecánico que

ejecuta repeticiones de tareas preprogramadas con buena precisión con ayuda humana. También se consideran otros conceptos como *Robot Teleoperado*, cuya conducta puede modificarse activamente con ayuda humana, *Robot Autónomo*, capaz de ejecutar varias tareas remotas y de adaptarse a los cambios durante la ejecución de una tarea sin ningún tipo de ayuda humana, o *Robot Inteligente*, capaz de realizar tareas complejas con inteligencia aparentemente humana.

Del mismo modo, gracias a la automatización de los observatorios en el campo de la astronomía, las definiciones del campo de la robótica anteriormente mencionadas pueden ampliarse a los Observatorios Astronómicos Robóticos.

Se pueden definir Telescopio Programado Automatizado (Robot) como un telescopio que realiza observaciones preprogramadas sin la ayuda de un observador remoto; Telescopio Teleoperado (Robot Teleoperado), realiza observaciones remotas siguiendo la petición de un observador; Observatorio Autónomo (Robot Autónomo), capaz de realizar varias observaciones remotas y de adaptarse a los cambios durante la ejecución de la tarea sin ningún tipo de ayuda humana; Observatorio Robótico Inteligente (Robot Inteligente), aquel que toma las decisiones mediante un sistema de inteligencia artificial.

A la luz de los hechos y definiciones anteriores, es posible situarlos cronológicamente:

- **1968-1975. Telescopios Programados Automatizados.**

La historia de los telescopios robóticos está estrechamente relacionada con el desarrollo de telescopios fotoeléctricos automatizados (APTs). El primer telescopio automatizado, Figura 2.1, fue construido por A.C. Code y alguno de sus asociados en la Universidad de Wisconsin en el año 1968. Tenía un tamaño de 0,2 metros y estaba controlado por un mini ordenador, un DEC PDP-8 con 4k de memoria RAM. Este instrumento fue utilizado para medir una secuencia fija de estrellas durante la noche.

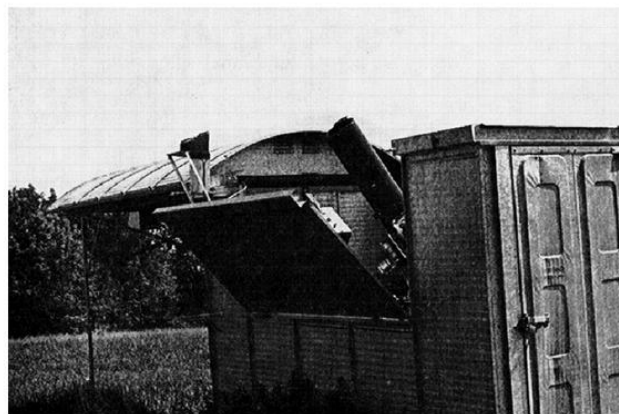


Figura 2.1: Primer telescopio controlado por ordenador, Universidad de Wisconsin 1968.

- **1975-1984. Telescopios Operados Remotamente.**

En 1975, se automatizó totalmente un telescopio de 0,75 metros permitiendo así el funcionamiento remoto a través de un enlace de microondas. En el año 1976 el telescopio Alt-azimuthal [6], Figura 2.2, se convirtió en el primero de los grandes telescopios en ser controlado por un ordenador. Le siguió un año más tarde el WIRO (Wyoming InfraRed Observatory) [7], Figura 2.3, que contaba con un telescopio de 2,3 metros situado al borde de las montañas rocosas en Colorado (EEUU).

A principios de los años 80, el 13 de octubre de 1983 se logró el primer sistema que ejecuta tareas predefinidas de forma repetitiva en un telescopio de 0,25 metros en el Observatorio de Phoenix, Arizona. La finalidad de este telescopio era la de tomar de forma automática mediciones fotométricas UBV de las estrellas.



Figura 2.2: Telescopio Alt-azimuthal (BTA), Monte Pastukhova, Rusia.

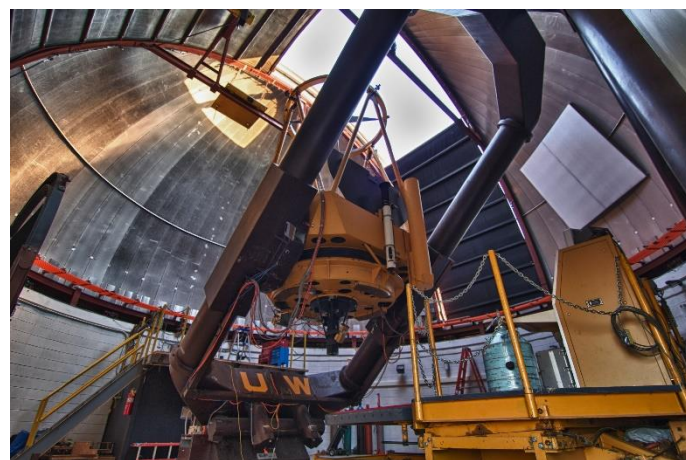


Figura 2.3: Wyoming InfraRed Observatory, Wyoming, EEUU.

- **1984-2000: La era de los Observatorios Robóticos Autónomos.**

El inicio de estos observatorios coincide con la aparición de los primeros ordenadores y es en 1984, en la Palma de Gran Canaria, (Islas canarias, España) donde fue automatizado conjuntamente por el Observatorio de la Universidad de Copenhague, el Instituto de Astronomía de Cambridge y el Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando uno de los primeros Observatorios Autónomos, el The Carlsberg Meridian Circle de 0,18 metros de diámetro, Figura 2.4.

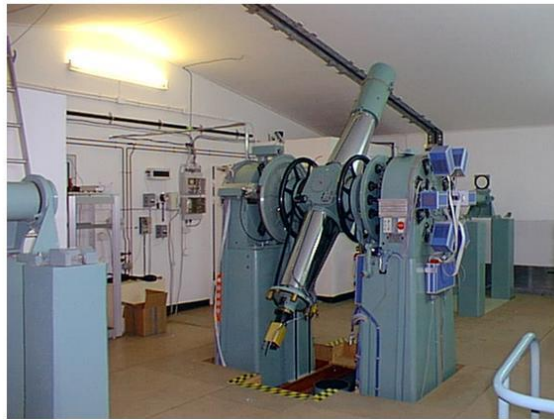


Figura 2.4: The Carlsberg Meridian Circle (La Palma de Gran Canaria, España)

Los primeros telescopios automatizados en Observatorios Autónomos eran capaces de realizar secuencias preprogramadas de mediciones fotométricas si el cielo estaba despejado. Este fue el caso del telescopio fotoeléctrico automatizado (APT), Figura 2.5, un sistema computarizado en Mount Hopkins (Estados Unidos) que sabía cuándo el Sol se ponía y comprobaba si había lluvia, etc.

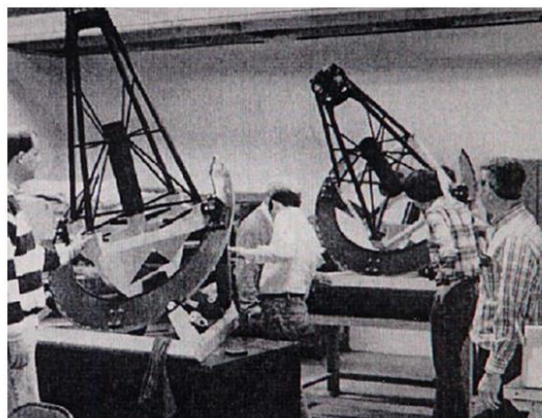


Figura 2.5: Primeros APT.

Entre 1987 y 1988 se logró controlar un telescopio con comandos enviados a través de internet y en 1988 se utilizó un IBM 286 AT para controlar monturas altazimutal, describiendo una rutina de alineación a dos estrellas. En consecuencia, los primeros robots fueron telescopios con un control absoluto de posicionamiento y sistemas de guiado. También se empezaron a introducir estaciones meteorológicas en los Observatorios Astronómicos.

En la última década del siglo XX se incrementó sustancialmente el número de telescopios automatizados, la mayoría dedicados a la observación de explosiones de rayos gamma (GRB). Fue en 1997 cuando estuvo disponible públicamente el primer telescopio en internet, el telescopio robótico del CWRU Nassau Station.

2001-Presente: La era de las Redes de Observatorios Robóticos Autónomos

Durante la primera década del siglo XXI surgieron una gran cantidad de Observatorios Robóticos Autónomos y con ellos las primeras redes de Observatorios Robóticos Autónomos globales, la gran mayoría, se encuentran en Europa y Estados Unidos [8], como se puede ver en la Figura 2.6. Estas fueron: RAPTOR (2002, EE.UU.); ROTSE-III (cuatro telescopios de 0,45 metros en Australia, Namibia, Turquía y EE.UU.); BOOTES (cuatro telescopios de 0,60 metros en Nueva Zelanda, Rusia y dos en el sur de España); TAROT (dos telescopios de 0,25 metros en Francia y Chile); MASTER (varios instrumentos de 0,20-0,35 metros de ancho en Rusia); ROBONET (tres telescopios de 2 metros en Hawaii, Australia y las Islas Canarias) y MONET (dos telescopios de 1,2 metros en EE.UU. y Sudáfrica).

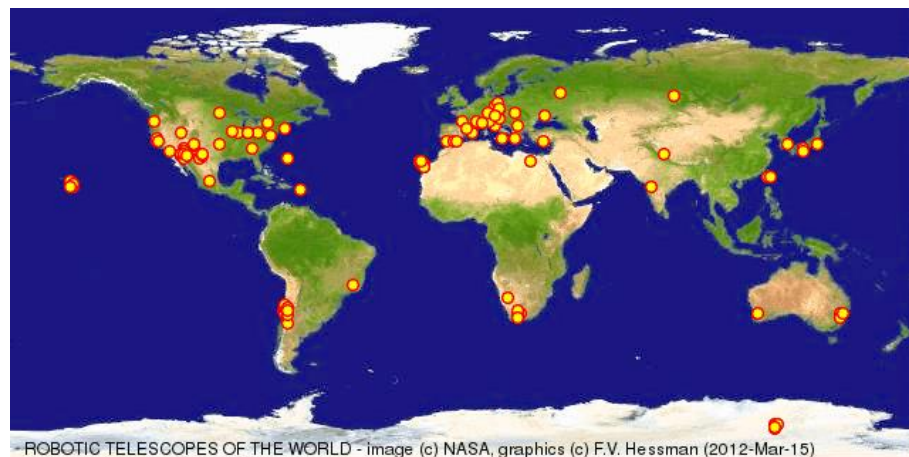


Figura 2.6: Telescopios robóticos en el mundo.

Hoy en día, la tecnología está evolucionando con gran rapidez y, en un futuro próximo, será la inteligencia artificial la que sustituya al ser humano en la toma de decisiones de observación, constituyéndose así los Observatorios Robóticos Autónomos Inteligentes.

Desde 1984, los telescopios robóticos han visto extendidos sus usos y ventajas y, además, han hecho posible una optimización del tiempo de observación, añadiendo la gran ventaja de poder ubicar y utilizar estos observatorios en cualquier lugar del mundo sin necesidad de estar allí, incluso, en lugares remotos, como en la Antártida, donde las condiciones de vida humana son muy difíciles o en un futuro en la Luna donde la luz y la interferencia electromagnética son mínimas.

En la siguiente Tabla 2.1, podemos ver el uso de los Observatorios Robóticos en el mundo en el año 2016.

Descripción de uso	Porcentaje
Explosión de rayos Gamma	21.0 %
Observaciones de servicio	16.2 %
Educación	12.6 %
Búsqueda de exoplanetas	12.6 %
Monitorización fotométrica	9.6 %
Estudio del cielo	9.0 %
Búsqueda de supernovas	6.0 %
Asteroides	6.0 %
Espectroscopia	2.4 %
Astrometría	2.4 %
AGN, Quasars	2.4 %
(Micro-) Lensing	0.6 %
Otros usos	4.8 %

Tabla 2.1: Porcentaje de uso de observatorios astronómicos en el mundo. Año 2016 [8]

Actualmente, con el auge de la tecnología y el control a distancia de estos telescopios a través de ordenadores y aplicaciones destinadas a este fin, destaca el uso de telescopios robóticos con fines educativos y en proyectos de ciencia ciudadana. La ciencia ciudadana [9] se describe como la participación de los ciudadanos en actividades de investigación científica, lo que potencia a que éstos adquieran nuevos conocimientos y habilidades de una forma atractiva. Uno de estos proyectos de ciencia ciudadana es GLORIA (GLObal Robotic-telescopes Intelligent Array) [2], una red de 17 telescopios ubicados en todo el mundo y que desde su página web se pueden efectuar observaciones directas desde cualquiera de sus telescopios, reservando un día y una hora para realizar lo que denominan “experimento solar” o “experimento nocturno”.

En este sentido los telescopios robóticos pueden operar de dos maneras:

- **Modo directo:** el usuario controla directamente el telescopio por control remoto utilizando una cámara web/IP, recibe la imagen tan pronto como el telescopio ha hecho la observación, pudiendo también comprobar, entre otras cosas, las condiciones meteorológicas del observatorio.
- **Modo de Servicio:** el usuario solicita una observación y ésta es tomada por el telescopio y devuelta en una fecha posterior. Cada usuario “agrega” una solicitud a una cola y el sistema de ordenadores del observatorio clasifica y ordena las solicitudes atendiendo a los detalles de la observación y las condiciones meteorológicas, creando un horario de observación que se envía al sistema del telescopio. Una vez realizada la observación se le hace llegar al usuario las imágenes tomadas en su observación.

Capítulo 3

Situación actual del Observatorio Francisco Manuel Sánchez

El Observatorio Astronómico Francisco Manuel Sánchez [10] está instalado en el interior de una cúpula situada en la azotea del bloque 6, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid, Campus de Montegancedo, Boadilla del Monte.

Fue inaugurado oficialmente en el 2009, coincidiendo con el Año Internacional de la Astronomía 2009. Su creación y desarrollo se debe al Grupo Ciclope [1], un equipo de investigadores la Universidad Politécnica de Madrid, dirigido por el profesor Francisco Manuel Sánchez Moreno.

Se trata del primer Observatorio Astronómico del mundo de acceso libre y gratuito a través de internet, que, en un principio se controlaba remotamente mediante un software, inicialmente el denominado Cíclope Astro. Este software proporcionaba una serie de herramientas para experimentos astronómicos, creación de escenarios y control de telescopios, cámaras y cúpulas de forma remota, y que permitían a cualquier internauta, a través de una web 2.0, acceder desde su casa al observatorio para vivir diferentes experiencias astronómicas [10, 11], permitiendo el estudio de astronomía desde cualquier hogar y donde el internauta se convertía en el protagonista aportando contenidos y decidiendo qué se hace, pudiendo disfrutar así de una plataforma de experimentación real.

Actualmente se está trabajando en el desarrollo de una API RESTFUL que proporcione el control remoto sobre todos los elementos del Observatorio (Cúpula, telescopio, montura, cámaras CCD, cámaras web y estación meteorológica)

El principal objetivo del Observatorio robotizado es controlar hasta el más mínimo detalle de un proyecto astronómico, automatizando todas las tareas y haciéndolas accesibles y controlables a través de Internet [10, 11].

El Observatorio está dotado con el siguiente equipamiento [12, 13]:

- Observatorio de 3,5 metros de diámetro.
- Telescopio 10" Meade LX200GPS.
- Cámara CCD SBIG Modelo ST-237A + Rueda de filtros CFW-5C.

- Cámara CCD DMK 41AU02 monocromática.
- Cuatro webcams Philips ToUcam Pro I y II, una de ellas acoplada al telescopio y otra al buscador. Ambas han sido modificadas para realizar fotografías de larga exposición. Las otras dos dan una vista parcial del Observatorio.
- Estación Meteorológica Vantage Pro 2 Plus con Fan-Aspirated Radiation Shield, que ofrece datos sobre el estado del tiempo en tiempo real, que son imprescindibles para el adecuado uso del Observatorio y cuyos datos se publican de forma gratuita.
- Diversos equipos que sirven tanto como servidor de las aplicaciones web, como de conexión y difusión de las imágenes y vídeos que captan las webcams dispuestas por la cúpula. Todos corren con sistemas GNU/Linux.

3.1 Grupo Cíclope

Francisco Manuel Sánchez Moreno fundó el Grupo Cíclope en el año 2001 [1]. Consiguió financiación con proyectos de investigación de convocatorias nacionales e internacionales y construyó el Observatorio Astronómico Montegancedo, renombrado en la actualidad a Observatorio Astronómico Francisco Manuel Sánchez.

Fue el principal artífice en su creación, desarrollo y dirección junto con un equipo de investigadores de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, así como colaboradores y asesores.

El grupo Cíclope trabaja en diferentes líneas o áreas de investigación como ciencia ciudadana, laboratorios remotos educacionales, Telescopios robotizados o retransmisiones de eventos, así como en distintos proyectos basados en ciencia ciudadana.

3.1.1 Áreas de investigación

3.1.1.1 Ciencia ciudadana

El “Libro Verde sobre ciencia ciudadana” [9] de la Unión Europea la define como *“el compromiso del público general en actividades de investigación científica; cuando los ciudadanos contribuyen activamente a la ciencia con su esfuerzo intelectual o dando soporte al conocimiento con sus herramientas o recursos. Los participantes proveen datos experimentales o equipos a los investigadores. Los voluntarios, a la vez que aportan valor a la investigación, adquieren nuevos conocimientos o habilidades, y un mejor conocimiento del método científico de una manera atractiva. Como resultado de este escenario abierto, colaborativo y transversal, las interacciones entre ciencia-*

sociedad-políticas investigadoras mejoran, conduciendo a una investigación más democrática, basada en la toma de decisiones basada en evidencias informadas surgidas del método científico, total o parcialmente, por parte de científicos amateur o no profesionales.”

El grupo Cíclope lleva varios años trabajando en proyectos de ciencia ciudadana para hacer que el ciudadano participe en actividades científicas y fomentar la contribución activa a la investigación a través de su esfuerzo intelectual, su conocimiento general o sus herramientas y recursos.

Con este fin, el grupo Cíclope emprendió en el año 2011 el proyecto europeo “GLORIA”, consistente en la construcción de una red mundial de telescopios robóticos abiertos al público para que cualquier persona pudiera investigar astronomía y descubrir los misterios del Universo.

“GLORIA” estrechó la brecha entre los profesionales de la astronomía y los aficionados, dando como resultado una simbiosis muy útil. Por una parte, los ciudadanos colaboraban mediante el manejo interactivo de los telescopios y la adquisición de imágenes astronómicas y, por otra, mediante la ejecución de los diferentes experimentos offline que se ofrecen. Un ejemplo es la aplicación para smartphones “GLORIA Solar Activity” [14] que mide la actividad solar, permite marcar y contar grupos de manchas solares en imágenes del Sol tomadas con distintos telescopios de la red GLORIA, día a día, así como las manchas individuales que hay en cada grupo. El número total determina el “Número de Wolf” relacionado con la actividad solar, y es muy importante para la investigación solar [15].

A partir de esta App surgió el proyecto “SunWatchers” [16], un innovador experimento en el que los ciudadanos pueden colaborar a través de Twitter. Es un método para medir la actividad solar basado en el conteo de manchas solares con el objetivo de incrementar la precisión de la observación de la actividad solar mediante Twitter identificando grupos y manchas solares.

En 2016 se inició el proyecto “Cazadores de Asteroides” en el que, a través de una App, se permite que los ciudadanos participen en la búsqueda y localización de asteroides cercanos a la tierra y evitar así posibles colisiones.

3.1.1.2 Laboratorios remotos educacionales

En España fuimos los pioneros en la construcción de los primeros laboratorios remotos en el ámbito académico aportando más tiempo de trabajo y experimentación.

Podemos definirlos como una herramienta que, a través de internet, permite que cualquier alumno acceda de forma remota al equipo del laboratorio a realizar sus prácticas sin necesidad de desplazarse hasta el Centro.

3.1.2 Proyectos

3.1.2.1 Proyecto “Cazadores de Asteroides” (Actualidad)

El proyecto se inició en el año 2016 y, en la actualidad, sigue en funcionamiento. Ha sido financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Ministerio de Economía y Competitividad en la convocatoria de 2015).

Investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) han desarrollado una aplicación que permite a cualquiera, y de una manera sencilla, ayudar a controlar la población de asteroides [17].

“Cazadores de Asteroides” [18] consiste en desarrollar un experimento astronómico a través de una App para la búsqueda y localización por los ciudadanos de asteroides cercanos a la tierra, denominados NEAs (Near Earth Asteroids) o NEOs (Near Earth Objects), así como la confirmación de las órbitas de los NEAs conocidos, permitiendo enviar los datos al “Minor Planet Center” del IAU (International Astronomy Union) para su confirmación.

Se trata de una aplicación gratuita para dispositivos móviles llamada “Cazasteroides” [17]. Una vez instalada se muestra a modo de videojuego para hacerla más atractiva, el usuario ve en su móvil una secuencia de imágenes del cielo proporcionadas por la red de telescopios “GLORIA”, y marca aquellos objetos sospechosos de ser asteroide. Las detecciones primero son filtradas por los propios usuarios, a través de un sistema de votación y, finalmente, será un equipo de astrónomos profesionales los que verifiquen la verdadera naturaleza de los objetos detectados.

El primer prototipo de la App se presentó en noviembre de 2016, sin embargo, un mes después se presentó una versión más avanzada. El objetivo es lograr la colaboración de miles de ciudadanos para que, con su participación, controlar los asteroides potencialmente peligrosos para la Tierra frente a posibles impactos.

3.1.2.2 Proyecto MEGARA (2010 - Actualidad)

Liderado por investigadores de la Universidad Complutense de Madrid, su construcción y diseño es llevado a cabo a través de un consorcio de instituciones españolas y

mexicanas, entre las que se encuentra la Universidad Politécnica de Madrid, participando en la parte de control del instrumento MEGARA desde 2010 [19].

MEGARA (Multi-Espectrógrafo en GTC de Alta Resolución para Astronomía), es un instrumento óptico instalado a finales de 2016 en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) [20]. Primer instrumento capaz de analizar por primera vez la medusa cósmica, es decir, la luz proveniente de filamentos de gas que conectan las galaxias y que brillaron con intensidad únicamente durante las primeras épocas del Universo. Más cerca, MEGARA permitirá además cartografiar las propiedades y movimientos de las estrellas de otras galaxias de nuestra vecindad y analizar con un detalle sin precedentes nebulosas de gas de nuestra propia Vía Láctea [21].

3.1.2.3 Proyecto GLORIA (2011 - 2014)

El grupo coordinó el proyecto “GLORIA” desde sus inicios en octubre del año 2011 al 2014. Financiado por el VII Programa Marco de la Unión Europea [19].

El proyecto “GLORIA” (GLObal Robotic-telescopes Intelligent Array for e-Science) ha sido la primera red de telescopios robóticos, en concreto 17 telescopios, del mundo de acceso libre. Es un entorno Web 2.0 donde los usuarios pueden colaborar en la investigación de la Astronomía mediante la observación con telescopios robóticos, y/o análisis de los datos que otros usuarios han adquirido con GLORIA, o desde otras bases de datos de libre acceso [22].

Mediante el uso de la red de telescopios robóticos GLORIA, los internautas tienen la oportunidad de investigar, usando el telescopio a través de internet y en un entorno web 2.0, sobre los experimentos propuestos, que incluyen, entre otros, el estudio de la actividad solar, la detección de asteroides o proponer sus propias líneas de investigación.

3.1.2.4 Proyecto ASTROMADRID (2010 -2013)

El objetivo de este proyecto estriba en coordinar las actividades en el desarrollo de instrumentación astronómica por los diferentes grupos de la Comunidad de Madrid. El objetivo principal de la propuesta consiste en la constitución de un grupo multidisciplinar que se beneficiará de las sinergias que se originen entre cada grupo de tal forma que se optimice el desarrollo de instrumentos astronómicos para beneficio de la comunidad nacional e incluso internacional [23].

Las líneas principales del proyecto son:

- Desarrollo de un nuevo instrumento para el Gran Telescopio de Canarias

- Desarrollo de instrumentación espacial.
- Instrumentos astronómicos terrestres
- Desarrollo del Observatorio Virtual Español y de herramienta de minería de datos.
- Formación de nuevos científicos e ingenieros.

3.1.2.5 Proyecto ASTROCAM (2006 -2009)

ASTROCAM [24] es la Red de Astrofísica de la Comunidad de Madrid en la que participan científicos del Consejo Superior de Investigaciones Científica, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, Centro Espacial Europeo de Astronomía de la Agencia Espacial Europea y la Universidad Europea de Madrid, así como las empresas DEIMOS, GMV, INSA, SERCO y VEGA.

El objetivo es dotar a los investigadores de una estructuración y un marco de actuación común. Su programa se divide en:

- **Líneas Generales de Investigación:** Evolución estelar, formación de estrellas y sistemas planetarios, formación y evolución de galaxias, cosmología física ...
- **Áreas Científicas:** Galaxias, Estrellas masivas, formación y búsqueda de planetas...
- **Actividades científico-técnicas:** Calibración de instrumentos, desarrollo de software científico o de control, definición de nuevos instrumentos...

3.1.2.6 Proyecto COLDEX (2002 - 2005)

El objetivo de este proyecto europeo fue el desarrollo y uso de nuevos acercamientos a las Tecnologías de la Información, así como el desarrollo de herramientas computacionales para fomentar la experimentación científica, modelización y simulación dentro de un marco colaborativo y distribuido en una comunidad intercultural de principiantes [19].

Capítulo 4

Desarrollo de la aplicación web

4.1 Introducción

La finalidad de esta aplicación es poner a disposición de los usuarios una herramienta para que puedan hacer uso del Observatorio Francisco Manuel Sánchez con el objetivo principal de controlar el telescopio para observar cuerpos celestes, así como proporcionar información relevante del Observatorio, como, su estado en tiempo real o el tiempo atmosférico gracias a la estación meteorológica situada junto al mismo.

La aplicación consta de una parte pública y otra privada, reservada para usuarios registrados que podrán controlar el telescopio si, previamente, han efectuado una reserva para realizar un experimento Solar o Nocturno. Cada usuario, en su perfil, dispondrá de toda la información acerca de sus reservas y sus datos personales.

Todas las funcionalidades de la aplicación serán posibles gracias al uso de la API REST que, actualmente, se está desarrollando en el Observatorio.

4.2 Definición de conceptos

En este capítulo se harán referencias a diferentes conceptos que se van a definir a continuación:

- **HTML:** Lenguaje de marcas de hipertexto (HyperText Markup Language), es el elemento más básico para la construcción y visualización de una página web, convirtiéndose así en el lenguaje estándar del World Wide Web. Determina el contenido de la página web, pero no su apariencia y funcionalidad, de esto se encargan otras tecnologías como CSS y JavaScript, respectivamente.
- **CSS:** Hojas de estilo en cascada (Cascading Style Sheet), es el lenguaje utilizado para la presentación de documentos HTML. Se utiliza para dar estilo a documentos HTML. En definitiva, describe cómo se va a mostrar un documento en la pantalla, en papel o cómo se va a pronunciar a través de un dispositivo de lectura.
- **JavaScript:** es un lenguaje interpretado y orientado a objetos. Utilizado tradicionalmente en páginas web HTML en el lado del cliente permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas. Actualmente se ha extendido su uso para enviar y recibir información del servidor con ayuda de otras

tecnologías como AJAX. También es utilizado en otros entornos sin navegador, como node.js.

- **DOM:** Modelo de Objetos del Documento o Modelo en Objetos para la representación de Documentos (Document Object Model) [25]. Es una interfaz de plataforma que promueve un conjunto estándar de objetos para representar documentos HTML, XHTML y XML. El DOM permite el acceso dinámico a través de programación, lenguajes como JavaScript, para acceder y modificar el contenido, estructura y estilo de los documentos HTML, XML.
- **HTTP:** Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HyperText Transfer Protocol), es el protocolo utilizado para el intercambio de información en la web. Define la semántica y sintaxis que utilizan distintos softwares web, tanto clientes, como servidores y proxy para interactuar entre sí. Está basado en el modelo cliente/servidor y es un protocolo sin estado, es decir, no guarda información alguna, por lo que se suelen utilizar las llamadas “cookies” para almacenar información de sesión. Una variante segura es el protocolo HTTPS (HTTPS Secure), cifrada por SSL/TLS, que permite la transferencia segura de información sensible entre el cliente y el servidor. Para que un servidor acepte conexiones HTTPS, el servidor debe de disponer de un certificado firmado por una autoridad de certificación para que el navegador lo acepte.
- **AJAX:** JavaScript asíncrono y XML (Asynchronous JavaScript And XML), es un término que describe las posibilidades que tiene el navegador de intercambiar información con el servidor en segundo plano, evitando así las recargas constantes de la página, lo que permite mejorar la interacción del usuario con la aplicación, así como, tiene la posibilidad de analizar y trabajar con documentos XML y JSON.
- **XML:** es un lenguaje de etiquetado extensible (eXtensible Markup Language) desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C). Similar a HTML, su función principal es describir datos y no mostrarlos, mientras la función principal de HTML es mostrar datos. Es un formato para el intercambio de información estructurada entre aplicaciones de diferentes plataformas sin importar el origen de los datos. La estructura de un documento XML está formada por el prólogo (no es obligatorio, describe la versión de XML, el tipo de documento y comentarios e instrucciones de procesamiento) y cuerpo (Obligatorio, contiene todos los datos del mensaje).
- **JSON:** Notación de objetos de JavaScript (JavaScript Object Notation), es un formato ligero de intercambio de datos que está basado en un subconjunto de la notación literal de objetos de JavaScript. Nació como alternativa a XML, su uso es muy fácil en JavaScript, así como en otra multitud de lenguajes de programación. El uso y la presencia de JavaScript en la web ha sido fundamental

para que JSON haya sido aceptado por la comunidad de desarrolladores AJAX. JSON está constituido por una colección de pares de nombre/valor y/o una lista ordenada de valores.

- **API:** Interfaz de programación de aplicaciones (Application Programming Interface), es una especificación formal de un conjunto de funciones y procedimientos que ofrece una biblioteca para ser utilizado por otro software proporcionando una capa de abstracción, ya que las funciones no hay que programarlas desde cero.
- **REST:** Transferencia de estado representacional (Representational State Transfer), es un estilo de arquitectura software que se apoya totalmente en el estándar HTTP. Se utiliza para describir cualquier interfaz entre sistemas que utilicen HTTP para obtener datos o generar operaciones entre esos datos en cualquier formato como XML y JSON. Está basado en el modelo cliente/servidor sin estado, cada petición HTTP contiene toda la información necesaria para ejecutarla. Las operaciones más importantes que se aplican a los recursos de información son GET (leer y consultar), POST(crear), PUT(modificar) y DELETE(eliminar). Los recursos se manipulan a través de la URI o identificador de recursos uniforme.

4.3 Tecnologías a utilizar

La aplicación implementada en este proyecto se ha desarrollado mediante el framework de Google, AngularJS y en los lenguajes de programación web HTML, CSS y JavaScript. Para dar funcionalidad a la aplicación se ha utilizado el framework Bootstrap junto con la librería de JavaScript jQuery.

A continuación, se analizarán los aspectos más relevantes de AngularJS y se realizará una comparación con otros frameworks utilizados actualmente, junto con las razones por las cuales se ha elegido este framework para desarrollar la aplicación.

4.3.1 AngularJS

Angular JS [26] es un framework de JavaScript de código abierto desarrollado por Google, fue lanzado en octubre del año 2010 para crear aplicaciones web de una sola página o SPA (Single Page Application).

Una SPA (Single Page Application) es una aplicación web que se carga como si fuera un programa de escritorio, proporciona una mayor velocidad de ejecución ya que todos los elementos de la página se cargan al inicio y puedes navegar por las diferentes vistas de la

aplicación sin tener que recargar la página. Esta es una gran ventaja ya que no necesitas esperar recargas de página, que consuman datos y velocidad de internet en el transcurso de éstas. El usuario interactúa con la aplicación con el contenido cargado, pero sin estar a la vista hasta que el usuario haya accedido a una página concreta de la aplicación. Además de esto, la comunicación entre cliente y servidor se realiza de forma totalmente transparente al usuario, por lo que se logra que éste tenga la sensación de no abandonar nunca la página principal de la aplicación, logrando una mayor fluidez en experiencia de usuario.

Este framework está basado en el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC, Model-View-Controller) con el objetivo de separar las capas de presentación, la lógica y los componentes de la aplicación. Además, a diferencia de la mayoría de frameworks, Angular adapta y amplía el HTML tradicional para servir mejor contenido dinámico a través de un “data binding bidireccional” que permite la sincronización en tiempo real de los modelos y vistas [27].

Algunas de las ventajas de este Framework son:

- Disocia la manipulación del DOM de la lógica de la aplicación. Esto mejora la capacidad para hacer pruebas del código.
- La forma en la que el código está estructurado hace que la dificultad de las pruebas se vea reducida notablemente.
- Desacopla el lado del cliente de una aplicación del lado del servidor. Esto permite que el desarrollo avance en paralelo en ambas partes.
- Guía a los desarrolladores durante proceso del desarrollo de una aplicación: desde el diseño de la interfaz de usuario hasta las pruebas.
- Permite crear aplicaciones de una sola página. (SPA).
- Desarrollado por Google, hay una gran comunidad detrás.

4.3.2 Comparativa entre AngularJS y otros Frameworks

Debido a la infinidad de frameworks que existen hoy en día para el desarrollo de aplicaciones web, se van a comparar los frameworks de JavaScript más populares, entre los que se encuentran: BackboneJS, EmberJS y ReactJS además de AngularJS,

AngularJS vs BackboneJS

BackboneJS es, al igual que AngularJS, un framework basado en el patrón MVC diseñado para desarrollar aplicaciones en una sola página (SPA). Es bastante más ligero que Angular (7Kb) y también más antiguo. Al ser Backbone [28] un framework con más años de vida, se puede distinguir como ventaja, que hay muchas aplicaciones en el mercado que están construidas en Backbone y, debido a su complejidad y a su correcto funcionamiento, no hay interés de migrar estas aplicaciones a Angular. Por el contrario, debido a su antigüedad no está tan actualizado como Angular y eso a la larga trae problemas a la hora de encontrar bugs.

Por otro lado, el costo de desarrollar una aplicación con Angular es más barato y sencillo, ya que, al ser un framework más nuevo hay más frecuencia de actualizaciones que lo hacen más completo en cuanto a características y funcionalidades y, por tanto, se escribe mucho menos código.

AngularJS vs ReactJS

React realmente es una librería JavaScript orientada a crear interfaces de usuarios y componentes DOM, facilita mucho el desarrollo web, aunque no alcanza la complejidad de Angular [28]. React mantiene un DOM virtual propio, en lugar de confiar solamente en el DOM del navegador. Esto deja a la librería determinar que partes del DOM han cambiado, comparando contenidos entre la versión nueva y la versión almacenada en el virtual DOM y utilizando el resultado para determinar cómo actualizar eficientemente el DOM del navegador [29].

Entre las ventajas sobre Angular se encuentran el gran soporte de navegadores destacando versiones antiguas de Internet Explorer y la mayor rapidez en la visualización y renderización de la interfaz de usuario. Sin embargo, React solo es un motor de renderización. No es capaz de hacer routing o comunicación con el servidor, siendo necesario buscar librerías de terceras partes para integrarlas y añadir estas funcionalidades extras. Al contrario, Angular es una solución más completa, tiene todo en uno.

AngularJS vs EmberJS

EmberJS es un framework JavaScript que compite con AngularJS por la gran cantidad de funcionalidades que ofrece. Ember [30] nos ofrece un mayor rendimiento cuando hay que mostrar una gran cantidad de información por pantalla, el servicio de rutas es algo superior al de Angular, se basa en el principio de acceso uniforme y, en menos líneas de código, el resultado es el mismo (Convención sobre configuración).

Viendo todo esto parece clara la elección de EmberJS como framework para desarrollar la aplicación, pero todo ello tiene sus desventajas. Mientras que AngularJS sigue la filosofía de los POJSO (Plain Old JavaScript Objects) que es como los POJO de Java, es

decir, el código JavaScript no depende del framework. Sin embargo, con Ember el código JavaScript que se necesita escribir está lleno de código Ember.

Además, Angular es mucho más flexible a la hora de organizar el contenido, con unas normas mínimas obligatorias, siendo Ember mucho más rígido en este aspecto. De aquí la elección de AngularJS para la realización de esta aplicación.

4.4 Arquitectura y estructura de la aplicación

En este apartado, como su propio nombre indica, se detalla la arquitectura y estructura de la aplicación.

Las diferentes funcionalidades que tiene la aplicación de deben a los servicios proporcionados por un servidor web. Para acceder a estos servicios es necesario hacer uso de la API REST que se está desarrollando en el Observatorio, y que contiene las operaciones para el envío y obtención de datos e información necesaria para comunicación entre la aplicación y el servidor.

Como se ha mencionado anteriormente, la arquitectura de Angular, Figura 4.1, se basa en el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC).

- **Modelo:** es la representación de datos (normalmente objetos JavaScript) definida dentro del alcance de un controlador de Angular para su manipulación. Para mostrar los datos se utilizan bindings con las vistas.
- **Vista:** hace una presentación visual de los datos del modelo, es página HTML con atributos especiales de Angular que visualizará el usuario.
- **Controlador:** gestiona las peticiones del usuario, sirve de intermediario entre las vistas y el modelo, contiene el Scope y realiza la comunicación con el servidor.

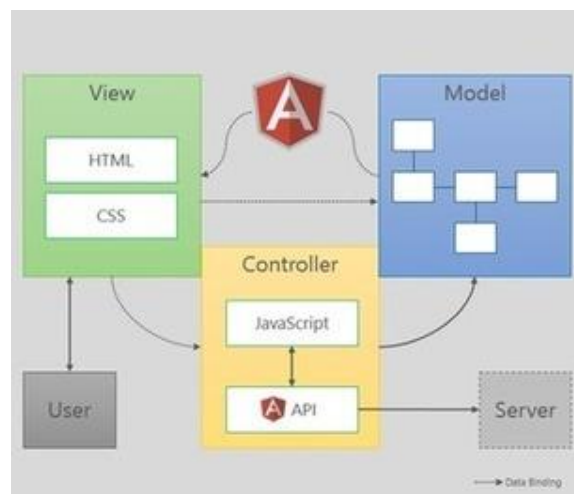


Figura 4.1: Arquitectura AngularJS [31].

La estructura de la aplicación está determinada por la arquitectura de Angular, que basa su infraestructura en las aplicaciones en una sola página, es decir, toda interacción y transición de la aplicación va a ocurrir en la misma página y el modelo y los controladores de Angular serán los encargados de mostrar una u otra vista utilizando diferentes elementos como:

- **Plantillas o vistas:** escritas en HTML constituyen el esqueleto de la aplicación. Contienen atributos y directivas utilizadas por los controladores para, junto al modelo, generar las vistas dinámicas. Suele haber varias en una aplicación Angular.
- **Directivas:** son marcadores y se utilizan para manipular correctamente el DOM. Éstos se utilizan para ejecutar eventos sobre los elementos HTML. Además de las directivas por defecto que trae Angular, se pueden crear directivas propias.
- **Scope:** es la pieza más importante de AngularJS, es donde se encuentran los datos a manejar por la aplicación, el llamado modelo. Es el enlace entre el controlador y la vista por lo que todos los datos a usar en la vista tienen que ser objetos Scope.
- **Fábricas y Servicios:** son contenedores de código que hacen de objetos o funciones. Pueden tratarse de objetos JavaScript o funciones que se comunican con el servidor para posteriormente ser utilizados por los controladores.
- **Controladores:** implementan la lógica de la aplicación por el Scope en Angular. Son los encargados de inicializar y modificar la información que contienen los Scopes en función de la necesidad de la aplicación. También inyectan las dependencias y realizan las llamadas a los servicios necesarios para mover datos contra servidores.
- **Filtros:** permiten modificar el modo en el que los datos se presentan al usuario.
- **Módulos:** son contenedores de diferentes componentes de nuestra aplicación (controladores, directivas, servicios...). Se ejecutan al arrancar la aplicación y sirven para controlar la lógica de negocio y la lógica de presentación.

Además de los módulos y servicios básicos que proporciona AngularJS, también se han utilizado módulos externos para ampliar las funcionalidades de la aplicación, como son:

- **ngRoute:** es un módulo que nos permite crear rutas en nuestra aplicación e intercambiar vistas dependiendo de la ruta. Cada ruta tiene que tener una vista asociada lo cual es muy útil a la hora de marcar la ruta como favorito por parte del usuario, ya que, al ser una aplicación de una sola página (SPA) si no se hiciera uso de este módulo la URL de la aplicación sería siempre la misma.
- **ngCookies:** es un módulo que proporciona la funcionalidad para leer y escribir las cookies del navegador. Se utiliza en la aplicación para conocer el estado de la sesión del usuario.

- **ngSanitize:** es un módulo que nos permite tratar cadenas de texto como si de HTML se tratase. No permite cualquier tipo de HTML y limita las etiquetas a usar por lo que no se podrá hacer un ataque de Cross-site scripting inyectando código JavaScript malicioso.

Además de las dependencias externas, comentadas anteriormente, que se han utilizado en el desarrollo de la aplicación también se ha usado:

- **Bootstrap:** es un framework para el diseño de aplicaciones web. Contiene multitud de elementos de diseño basados en HTML y CSS, además de extensiones de JavaScript. Gracias a su sistema de cuadrícula es sencillo hacer una aplicación responsive, es decir, una aplicación web que se adapte a la pantalla de cualquier dispositivo.
- **jQuery:** es una librería JavaScript que permite simplificar y ampliar la forma de interacción, manejo y manipulación de eventos y animaciones de los documentos HTML.
- **jQuery-ui:** es una librería de componentes para jQuery que le añade widgets y efectos visuales. Se ha utilizado para la implementación del calendario de reservas de la aplicación.
- **Font Awesome:** es una librería que contiene multitud de iconos para gráficos vectoriales escalables en sitios web, el uso de estos iconos ha contribuido al diseño de la aplicación web.

4.5 Desarrollo de la aplicación

Primeramente y antes de comenzar a escribir el código de la aplicación se configuró un sistema de control de versiones utilizando Git en el entorno Bitbucket (<https://bitbucket.org/rafaelTruji/web-observatorio.git>). Una vez terminada la aplicación, el repositorio se alojará en la cuenta del Grupo Ciclope, en la plataforma Github.

Como la aplicación ha sido desarrollada mediante AngularJS, todo su desarrollo está condicionado a este framework.

Para desarrollar una aplicación AngularJS es necesario crear e incorporar uno o más módulos a la aplicación. En este caso se ha creado un módulo que se almacena en una variable para, posteriormente, poder ser usado en los servicios y controladores utilizados. De esta forma, es más fácil modularizar el código para su posterior reutilización (la configuración de la aplicación, los servicios y los controladores están en ficheros separados).

Así mismo, se han utilizado los módulos externos creados por angular: `ngRoute`, `ngSanitize` y `ngCookies`. En la Figura 4.2 podemos ver cómo se crea y se almacena en una variable un módulo en AngularJS, con el nombre de “observatorioapp”, y cómo se cargan los módulos externos mencionados anteriormente.

```
var app = angular.module('observatorioapp', ['ngRoute', 'ngSanitize', 'ngCookies']);
```

Figura 4.2: Creación del módulo que contiene la aplicación.

Una vez se accede al dominio donde está alojada la aplicación y para que ésta arranque, hay que indicar qué módulo es el que tiene que ejecutar la aplicación. Esto se consigue añadiendo la directiva `ngApp` en la etiqueta `<html>` de la página principal de la aplicación, es decir, `html.index`. Como se puede observar en la Figura 4.3, en la etiqueta `<html>` se ha añadido módulo con el nombre “observatorioapp” además de otra directiva, `ngCloak`, que es una directiva que se utiliza para prevenir que el navegador muestre el html sin compilar mientras la aplicación se está cargando. Esta directiva evita que se muestre el contenido de la página hasta que el navegador lo haya compilado.

```
<!DOCTYPE html>
<html ng-app="observatorioapp" ng-cloak>
```

Figura 4.3: Directiva `ngApp` y `ngCloak` en la etiqueta html.

A continuación, se han definido las rutas de la aplicación con sus correspondientes vistas. El sistema de rutas de la aplicación se ha definido a través del módulo `ngRoute` que simula una navegación a través de la aplicación, intercambiando las vistas con URL distintas. Como se puede ver en la Figura 4.4 `ngRoute` permite asociar una ruta con una vista y un controlador. En este caso todas las rutas de la aplicación tienen tanto una vista como un controlador asociado.

La aplicación web consta de 2 partes:

- **Parte pública:** accesible por cualquier usuario, las rutas públicas son “inicio”, “equipamiento”, “acercade”, “contacto”, “registrar”, “iniciarsesion” y “recuperarcontrasena”.
- **Parte privada:** accesible por usuarios registrados, que previamente han iniciado sesión. Las rutas privadas son: “experimento”, “perfil” y “observacion”.

Si el usuario introduce otra ruta que no existe, automáticamente será redirigido a la página principal, es decir, a la página de “inicio”.

```
// Routing
app.config(function($routeProvider) {
    $routeProvider
        .when('/inicio', {
            templateUrl: 'views/inicio.html',
            controller: 'inicioController'
        })
        .when('/equipamiento', {
            templateUrl: 'views/equipment.html',
            controller: 'equipamientoController'
        })
        .when('/acerca', {
            templateUrl: 'views/about.html',
            controller: 'acercaController'
        })
        .when('/contacto', {
            templateUrl: 'views/contact.html',
            controller: 'contactoController'
        })
        .when('/registrar', {
            templateUrl: 'views/register.html',
            controller: 'registrarController'
        })
        .when('/iniciarsesion', {
            templateUrl: 'views/register.html',
            controller: 'loginController'
        })
        .when('/experimento', {
            templateUrl: 'views/experiment.html',
            controller: 'experimentoController'
        })
        .when('/perfil', {
            templateUrl: 'views/profile.html',
            controller: 'perfilController'
        })
        .when('/observacion', {
            templateUrl: 'views/observation.html',
            controller: 'observacionController'
        })
        .when('/recuperarcontrasena', {
            templateUrl: 'views/register.html',
            controller: 'recoverypasswordController'
        })
        .otherwise({
            redirectTo: function(){
                return '/inicio'
            }
        })
    })
})
```

Figura 4.4: Configuración de rutas.



Figura 4.5: Mapa de navegación de la aplicación.

También se ha integrado Google Analytics [32], que es una herramienta de analítica web. Ofrece información de cómo los visitantes utilizan la web aportando datos de su navegación o cómo han llegado a ésta, entre otros datos.

Para conocer el tráfico de la web en cada una de sus rutas, se ha añadido un script de Google Analytics en el fichero index.html, configurado para que recoja todo el tráfico de la web accesible desde la siguiente URL: <http://venus.datsi.fi.upm.es/>, ver Figura 4.6. En cada uno de los controladores de cada vista se han añadido dos funciones, para que, cuando el usuario navegue por la web y cambie de ruta, el controlador envíe a Google los datos de la ruta actual en la que se encuentra el usuario. Así, se puede saber toda la navegación que ha llevado a cabo el usuario en la web o el tiempo que permanecido en cada una de páginas. En la Figura 4.7 se puede ver el código añadido en el controlador de la página de inicio “inicioController”.

```

<!-- Google Analytics -->
<script>
  window.ga = window.ga || function() {
    (ga.q = ga.q || []).push(arguments)
  };
  ga.l = +new Date;
  ga('create', 'UA-██████████', 'auto');
  ga('send', 'pageview');
</script>
<script async src='https://www.google-analytics.com/analytics.js'></script>
<!-- EndGoogle Analytics -->

```

Figura 4.6: Script de Google Analytics.

```
// <!-- Google Analytics -->
ga('set', 'page', '/inicio');
ga('send', 'pageview');
// <!-- End Google Analytics -->
```

Figura 4.7: Código Google Analytics en el controlador “inicioController”.

Una vez hechas todas estas configuraciones preliminares se continuó desarrollado la aplicación, programando con HTML, CSS y JavaScript haciendo uso, cuando la ocasión lo requiriera, de la API REST a través del servicio \$http de AngularJS, que permite realizar peticiones AJAX al servidor. Un ejemplo del uso de este servicio es la petición al servidor del tiempo meteorológico que hace en el Observatorio, Figura 4.8, y que luego se muestra tanto en la página de “inicio” como en la página de “observación”.

```
// Estado estacion meteorologica
$http({
  url: 'http://venus.datsi.fi.upm.es:8090/things/weatherstation/state/',
  method: 'GET',
}).then(function successCallback(response) {
  if (response.status == 200 && response.data.operatingStatus == 'OK') {
    $scope.state.temperature = response.data.temperature;
    $scope.state.pressure = response.data.pressure;
    $scope.state.humidity = response.data.humidity;
    $scope.state.rainfall = response.data.rainfall;
    $scope.state.windSpeed = response.data.windSpeed;
    $scope.state.windDirection = response.data.windDirection;
    $scope.state.availabilityWeatherStation = "Estado de la estación meteorológica: <span class='dome-green'>DISPONIBLE</span>";
  }
  else {
    $scope.state.weatherStation = false; //ERROR
    $scope.state.availabilityWeatherStation = "Estado de la estación meteorológica: <span class='dome-red'>NO DISPONIBLE</span>";
  }
}, function errorCallback(response) {
  $scope.state.weatherStation = false; //ERROR
  $scope.state.availabilityWeatherStation = "Estado de la estación meteorológica: <span class='dome-red'>NO DISPONIBLE</span>";
});
```

Figura 4.8: Uso del servicio \$http con una petición GET.

A continuación, se va a explicar qué función cumple cada una de las páginas o vistas de la aplicación y se mostrarán capturas de la aplicación tomadas en un monitor, con una resolución de 1440*900 pixeles (versión de escritorio) y en un Iphone7 Plus, con una resolución de 414*736 pixeles (versión móvil) para demostrar que esta aplicación web es responsive y se adapta a la pantalla de cualquier dispositivo desde la que se visualice.

En la versión de escritorio, en todas las páginas de la aplicación se muestra en la cabecera el menú de navegación en una posición fija. Mientras que en la versión móvil el menú de navegación desaparece, mostrando en su lugar un icono con tres barras paralelas, llamado comúnmente “icono hamburguesa”, que al pulsarlo se despliega lateralmente el menú de navegación cambiando el color blanco de este icono al rojo, como se puede observar en la Figura 4.9.

Si el usuario no ha iniciado sesión, solo se muestran en el menú los enlaces a las rutas publicas accesibles además de los botones de registro e inicio de sesión. Si el usuario ha iniciado sesión, se muestran todos los enlaces a las rutas de la aplicación, tanto públicas como privadas desapareciendo los botones de registro e inicio de sesión, mostrándose en su lugar un botón para cerrar sesión y el texto “¡Bienvenido!”. Figura 4.9.

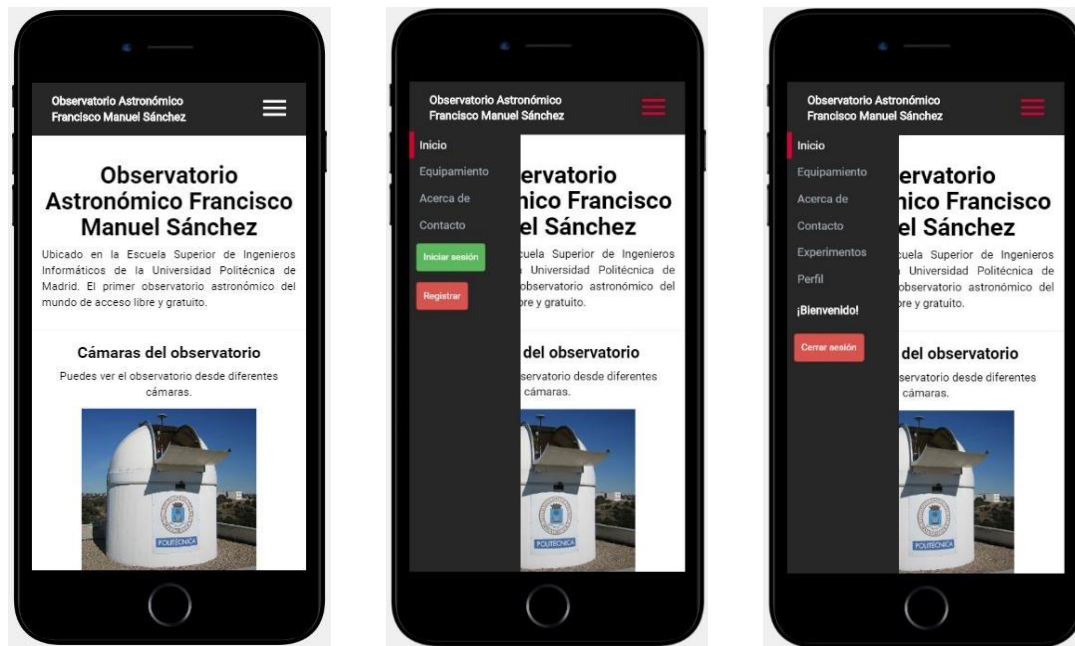


Figura 4.9: Menú de navegación en versión móvil.

Las funciones de las páginas o vistas de la aplicación son las siguientes:

- **Inicio:** En esta página se hace una introducción al Observatorio Francisco Manuel Sánchez. El usuario tiene la posibilidad de ver el interior y el exterior del Observatorio. También se muestra el tiempo meteorológico que hace en el Observatorio y el estado en el que se encuentran los dispositivos instalados: estación meteorológica, cúpula, cámaras, webcams y montura. Todo en Tiempo real. Ver Figuras 4.10 y 4.11.

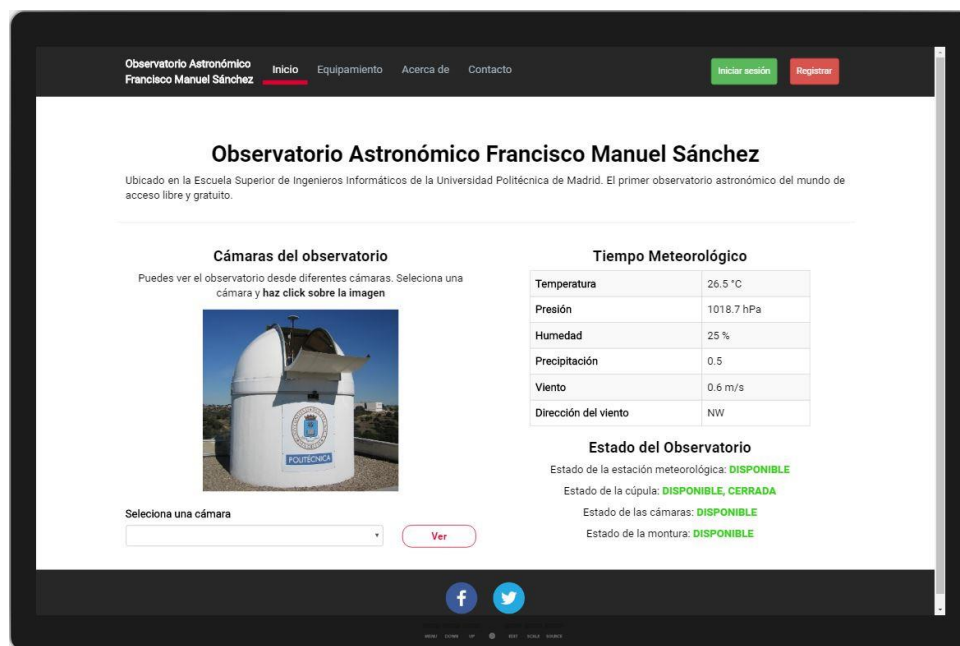


Figura 4.10: Página de inicio en versión de escritorio.

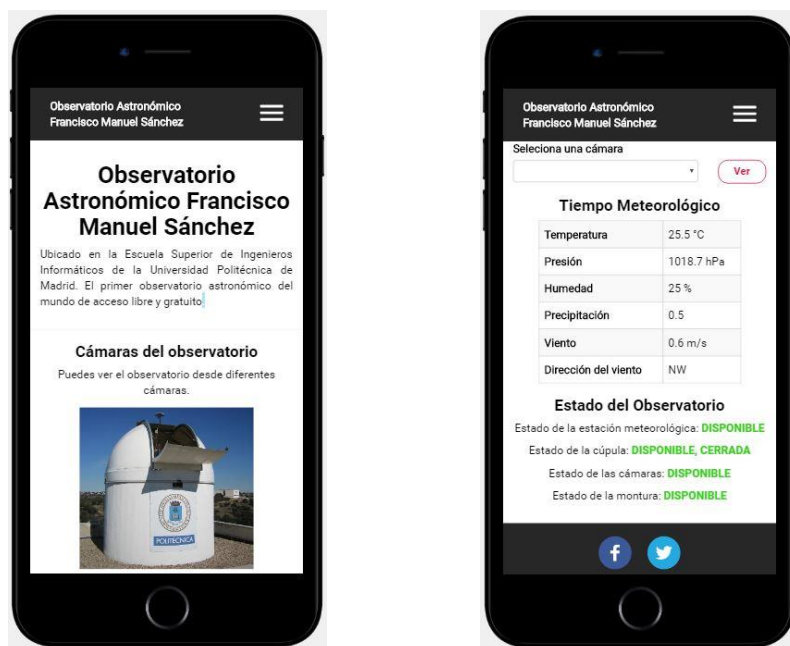


Figura 4.11: Página de inicio en versión móvil.

- **Equipamiento:** Está página muestra el equipamiento técnico del Observatorio. Ver Figuras 4.12 y 4.13.

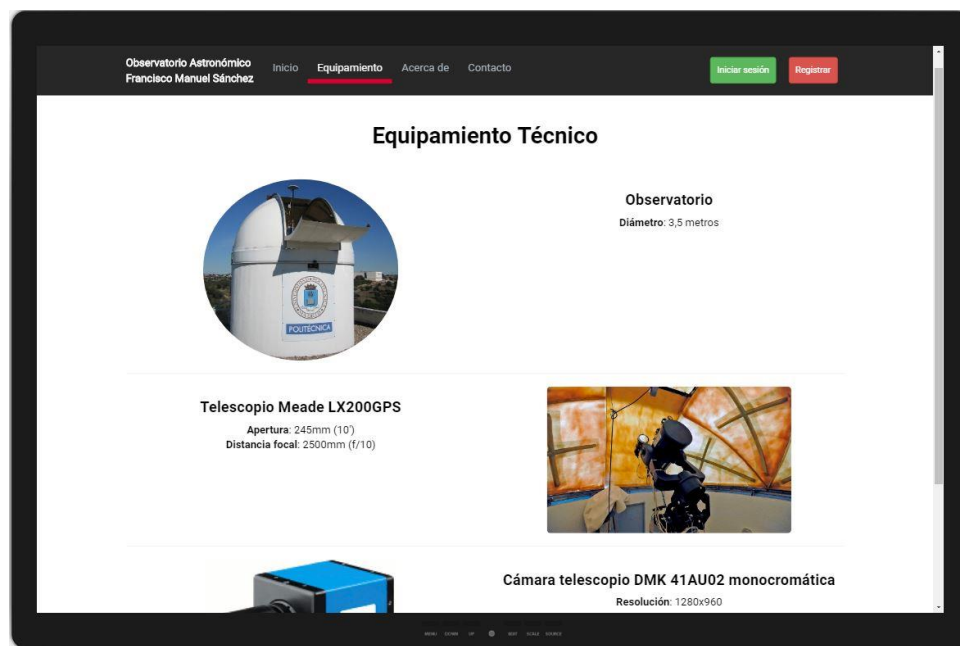


Figura 4.12: Página de equipamiento en versión de escritorio.

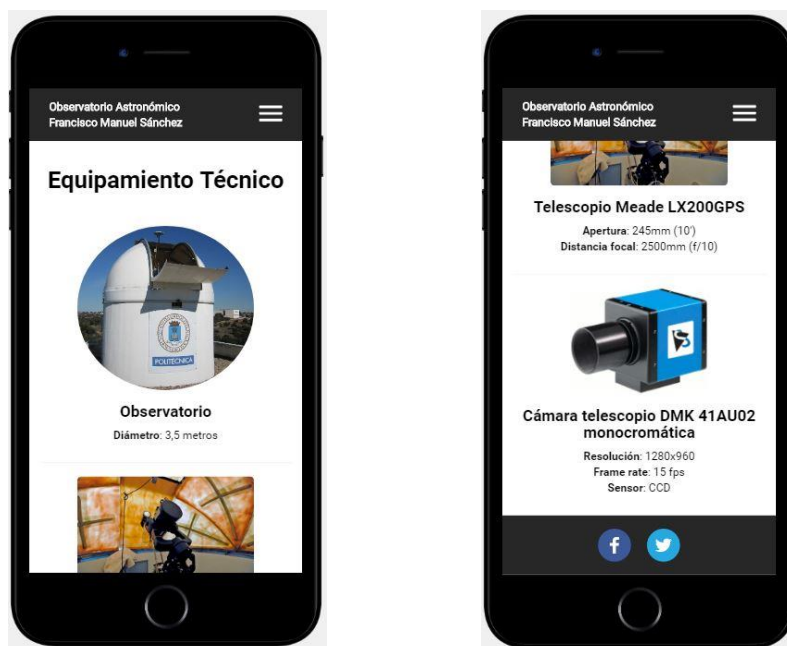


Figura 4.13: Página de equipamiento en versión móvil.

- **Acerca de:** Esta página da información acerca del Observatorio, el año de su inauguración y del grupo que lo creó, el Grupo Ciclope, así como una serie de imágenes del Observatorio en un carousel. Ver Figuras 4.14 y 4.15.



Figura 4.14: Página de “Acerca de” en versión de escritorio.

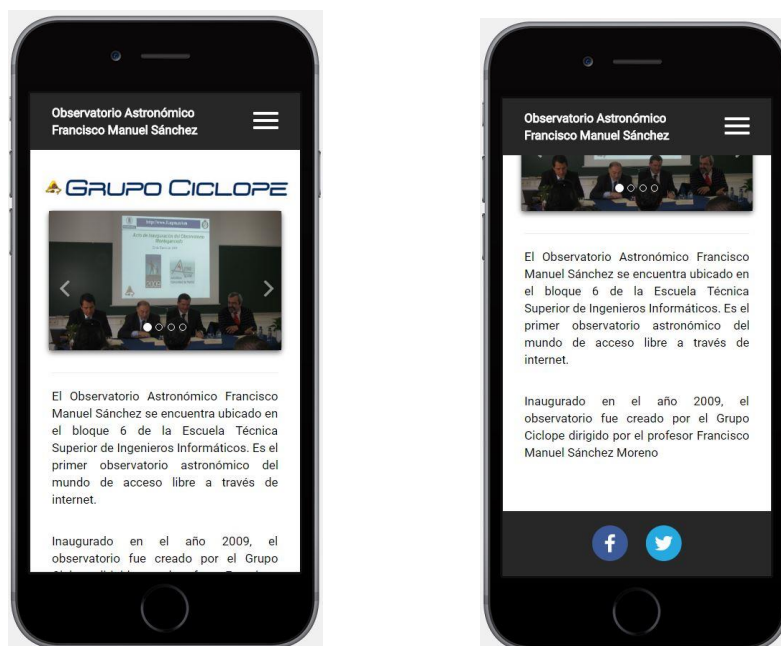


Figura 4.15: Página de “Acerca de” en versión móvil.

- **Contacto:** En esta página se encuentra, a la izquierda, la dirección del Observatorio, enlaces a las redes sociales del Grupo Ciclope y a su propia aplicación web, y a la derecha, un mapa que se ha integrado de Google Maps para

conocer la situación exacta del Observatorio instalado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos. Ver Figuras 4.16 y 4.17.

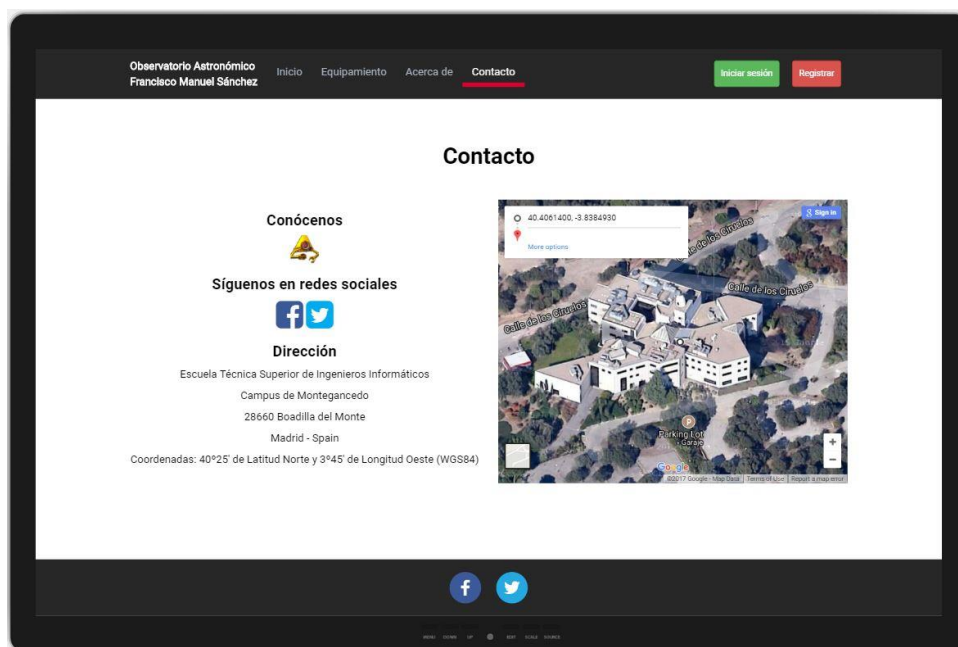


Figura 4.16: Página de Contacto en versión de escritorio.

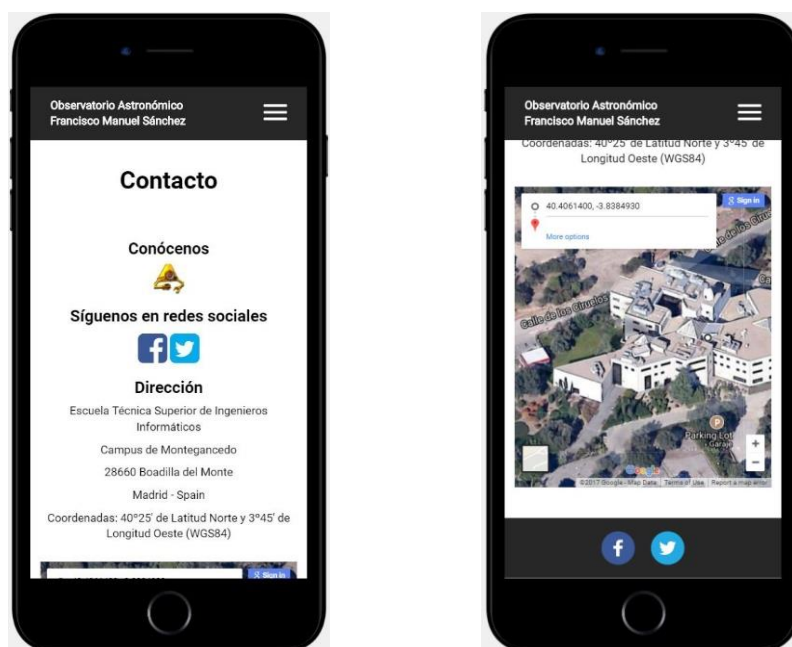
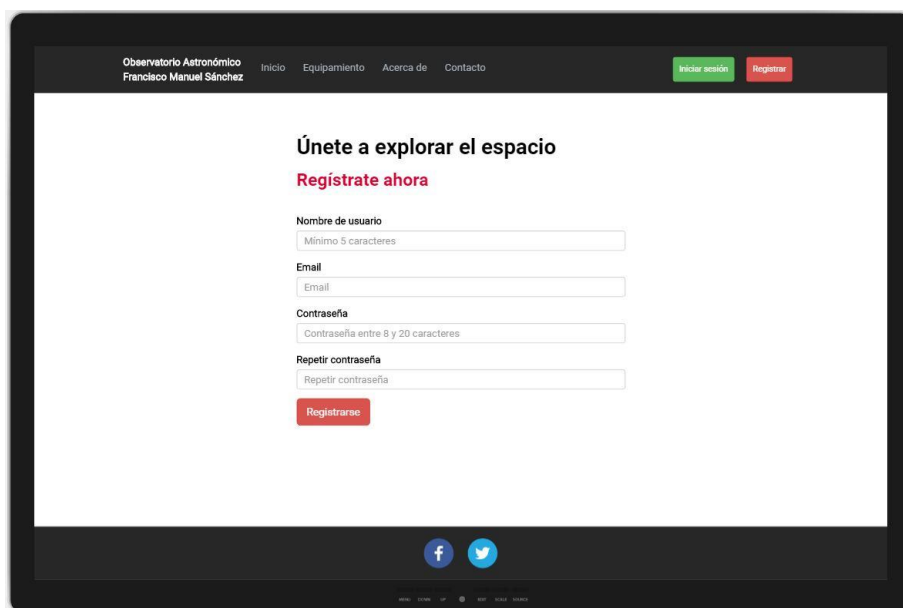


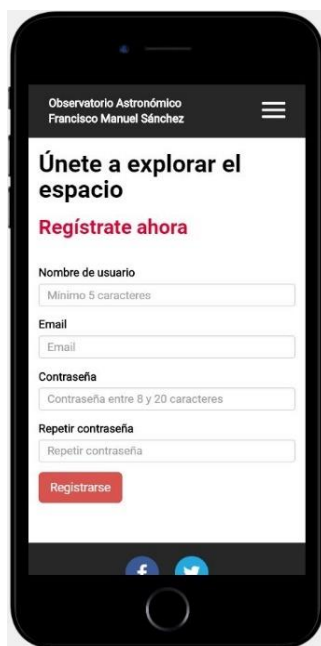
Figura 4.17: Página de Contacto en versión móvil.

- **Registrar:** En esta página se realiza el registro de usuario a través de un formulario. El nuevo usuario deberá rellenar todos los campos, que son obligatorios, como: nombre de usuario (al menos 5 caracteres), email y contraseña, con una longitud mínima de 8 caracteres y un máximo de 20, ésta deberá ser confirmada en un último campo. En caso de que el registro se realice satisfactoriamente, se mostrará un mensaje comunicándole que recibirá un email para que confirme su registro. Ver Figuras 4.18 y 4.19.



The screenshot shows a desktop browser window with a dark header. The header contains the text "Observatorio Astronómico Francisco Manuel Sánchez" on the left, navigation links "Inicio", "Equipo", "Acerca de", and "Contacto" in the center, and buttons "Iniciar sesión" (green) and "Registrar" (red) on the right. The main content area has a white background with the heading "Únete a explorar el espacio" and a red link "Regístrate ahora". Below this is a registration form with four input fields: "Nombre de usuario" (with a hint "Mínimo 5 caracteres"), "Email", "Contraseña" (with a hint "Contraseña entre 8 y 20 caracteres"), and "Repetir contraseña". A red "Registrarse" button is at the bottom of the form. The footer is dark with social media icons for Facebook and Twitter.

Figura 4.18: Página de Registro de usuario en versión de escritorio.



The screenshot shows a mobile phone screen displaying the same registration page as Figure 4.18. The layout is adapted for a smaller screen, with the header and footer elements scaled down. The form fields and buttons remain clearly visible and functional on the mobile device.

Figura 4.19: Página de Registro de usuario en versión móvil.

- **Inicarsesion:** En esta página se realiza el inicio de sesión de un usuario ya registrado, solicitándole que rellene los campos: nombre de usuario y contraseña. Si la autenticación es correcta, el usuario es redirigido a la página de su perfil, en caso contrario se mostraría un mensaje de error. Ver Figuras 4.20 y 4.21.

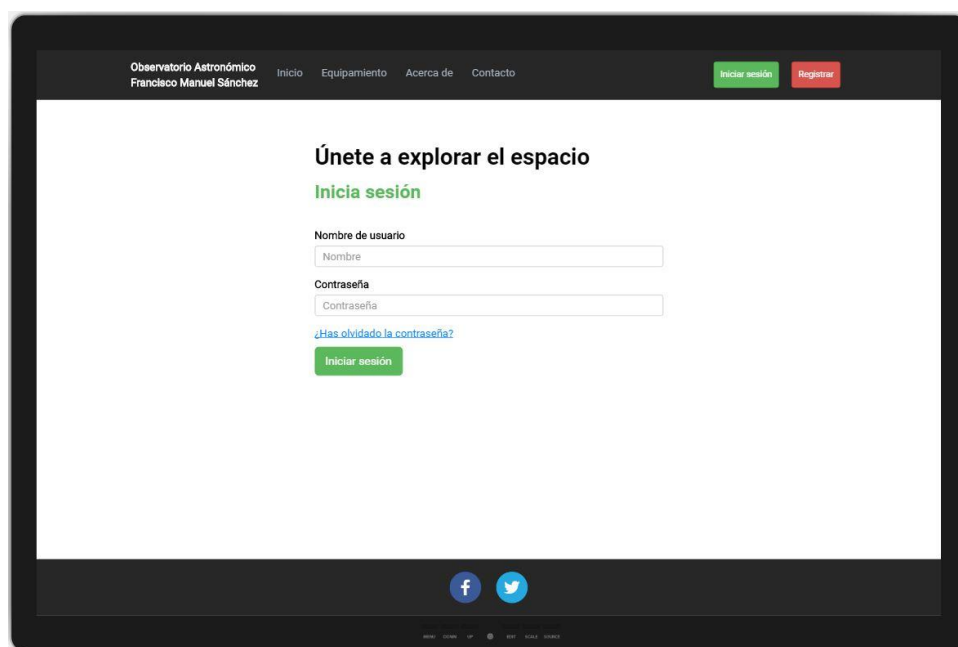


Figura 4.20: Página Inicio de sesión en versión de escritorio.

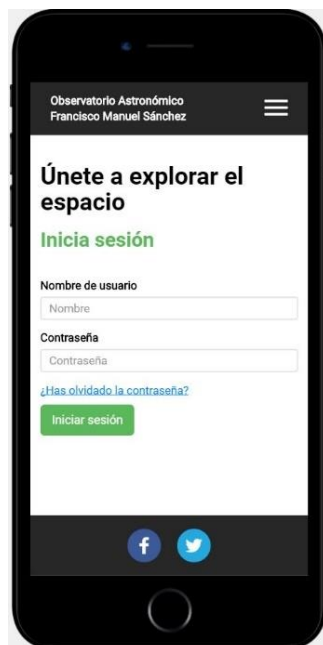


Figura 4.21: Página de Inicio de sesión en versión móvil.

- **Recuperar contraseña:** Esta página sirve para poder recuperar la contraseña de un usuario si éste no la recuerda. Se trata de un formulario donde hay rellenar los campos Nombre de usuario e email. Si ambos coinciden con un usuario dado de alta en el sistema, el usuario recibe un aviso diciendo que recibirá un email con las instrucciones para recuperar la contraseña. Ver Figuras 4.22 y 4.23.

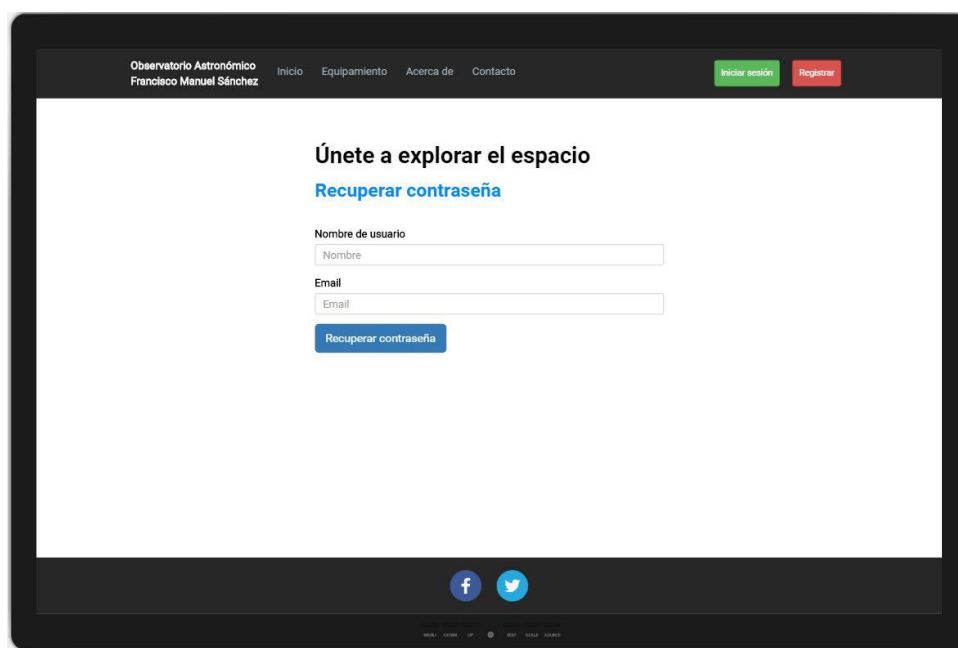


Figura 4.22: Página de Recuperar contraseña en versión de escritorio.

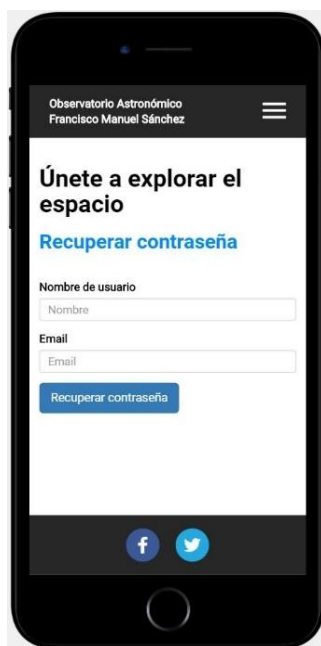


Figura 4.23: Página de Recuperar contraseña en versión móvil.

- **Experimento:** En esta página el usuario puede solicitar una reserva para realizar un experimento solar o nocturno. Una vez seleccionado un experimento, el usuario deberá de elegir una fecha concreta y un intervalo de tiempo que esté disponible, de entre los que se le muestren, para realizar el experimento seleccionado en esa fecha y hora seleccionada, ver Figura 4.24. Si la reserva solicitada se realiza correctamente, se le da la opción de revisarla, dirigiéndole a su perfil a través de un enlace. Ver Figuras 4.25 y 4.26.

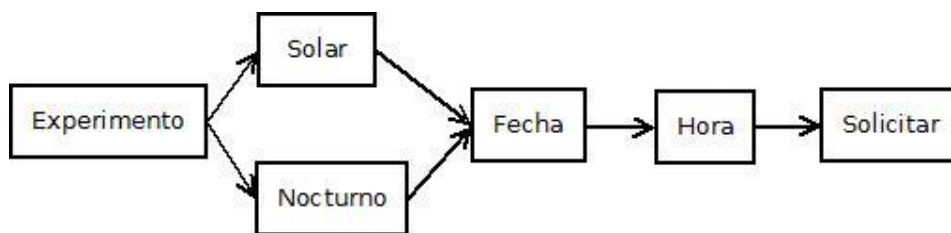


Figura 4.24: Esquema de solicitud de un nuevo experimento.

Observatorio Astronómico
Francisco Manuel Sánchez

Inicio Equipamiento Acerca de Contacto **Experimentos** Perfil ¡Bienvenido! [Cerrar sesión](#)

Elige un experimento

Experimento SOLAR Experimento NOCTURNO

Haz tu reserva

Para poder utilizar el telescopio es necesario hacer una reserva. Se reservará un día a una hora, siempre que esté disponible, y tendrás el telescopio en exclusiva para ti. Comienza ahora:

Fecha:

Selecciona un intervalo para la fecha: [2017-06-27](#)

Hora de Inicio	Hora de Fin
18:45 UTC	19:00 UTC
19:00 UTC	19:15 UTC
19:15 UTC	19:30 UTC
19:30 UTC	19:45 UTC
19:45 UTC	20:00 UTC

Resumen de la reserva

Tu reserva es: experimento SOLAR, el día 2017-06-27 de 19:00 UTC a 19:15 UTC

Tu reserva se ha realizado correctamente, revisela [aquí](#)

Figura 4.25: Página para la reserva de Experimentos en versión de escritorio.

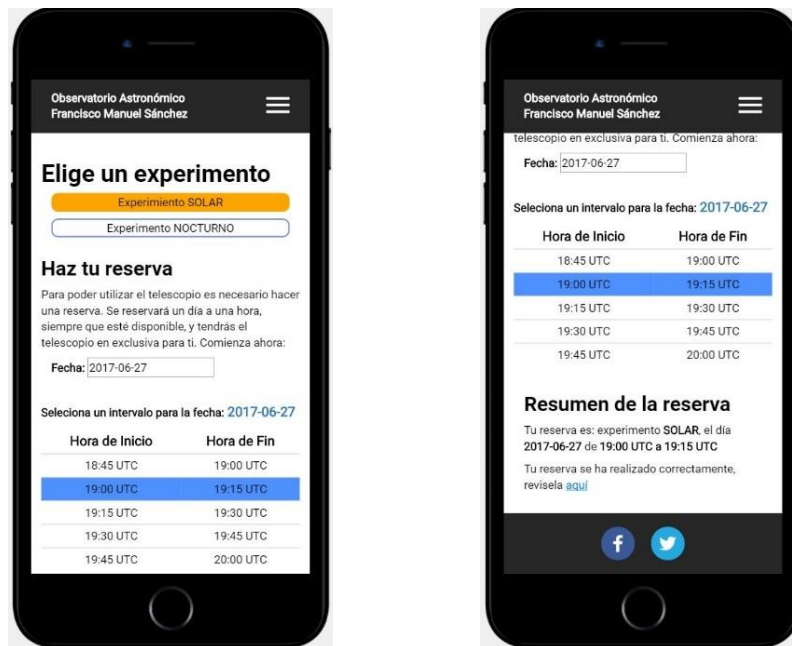


Figura 4.26: Página para la reserva de Experimentos en versión móvil.

- **Perfil:** Esta página muestra la información del usuario como el nombre de usuario y el email con los que se ha registrado, así como una tabla con las reservas de experimentos que tenga pendientes a partir de ese día, teniendo la posibilidad de eliminar una reserva o de activarla (Figura 4.27), en este caso, será dirigido a la página de “observación” para realizar el experimento reservado. Ver Figuras 4.28 y 4.29.

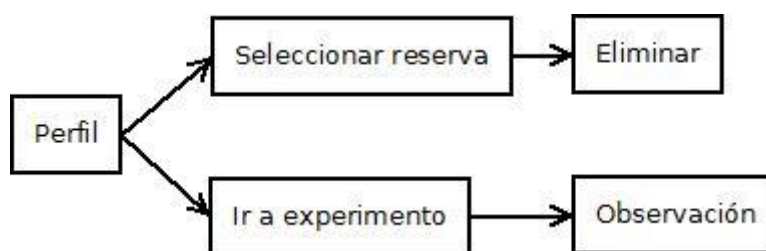


Figura 4.27: Esquema gestión de reservas del usuario.

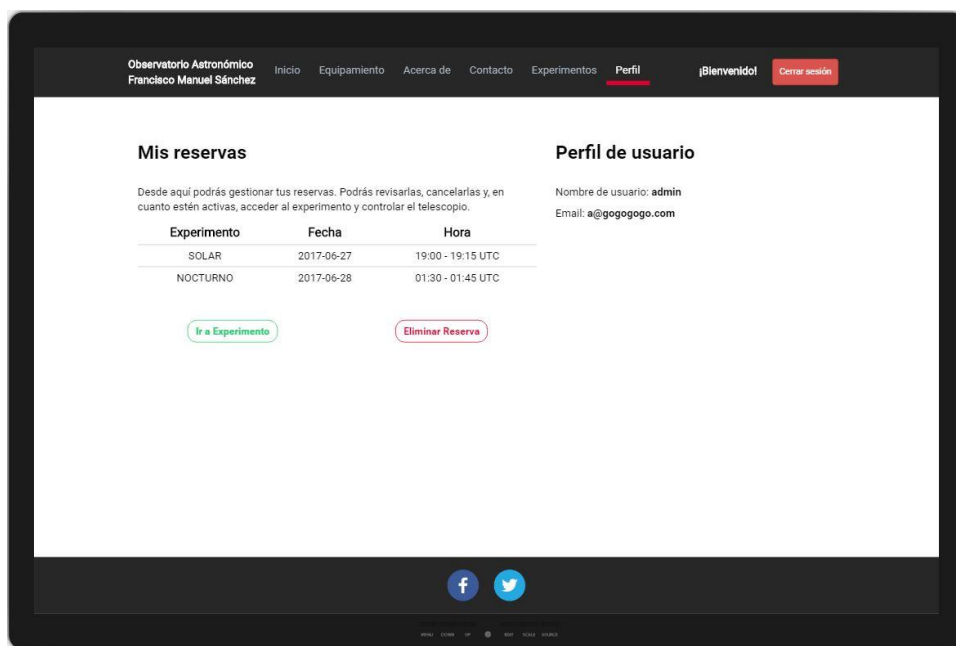


Figura 4.28: Página de Perfil de usuario en versión de escritorio.



Figura 4.29: Página de Perfil de usuario en versión móvil.

Observación: Esta página solo es accesible en la franja de tiempo en la que el usuario tenga hecha una reserva. Desde aquí se pueden llevar a cabo experimentos solares o nocturnos, con la posibilidad de controlar el telescopio del Observatorio

y apuntar a cualquier posición u objetivo. Al inicio de la página se puede ver el interior y exterior del Observatorio, así como la vista de la cámara CCD acoplada al telescopio, con la opción de configurar los parámetros de la misma para poder sacar fotografías (con vistas a un desarrollo futuro). Dependiendo del experimento que esté realizando, el usuario dispondrá de un botón para realizar un seguimiento, del sol en el caso del experimento solar o un seguimiento de la luna en caso del experimento nocturno. Ver Figuras 4.30, 4.31 y 4.32.

Ésta, es la única página en la que un usuario administrador puede acceder en cualquier momento. Cuando un administrador accede a la página, revoca el acceso a cualquier usuario que en ese momento este realizando un experimento. Además, el administrador cuenta en exclusiva con unos botones para abrir o cerrar la cúpula, por ejemplo, en el caso de que esté lloviendo. Al final de la página se puede encontrar una tabla con el tiempo meteorológico actual. Ver Figuras 4.30, 4.31 y 4.32.

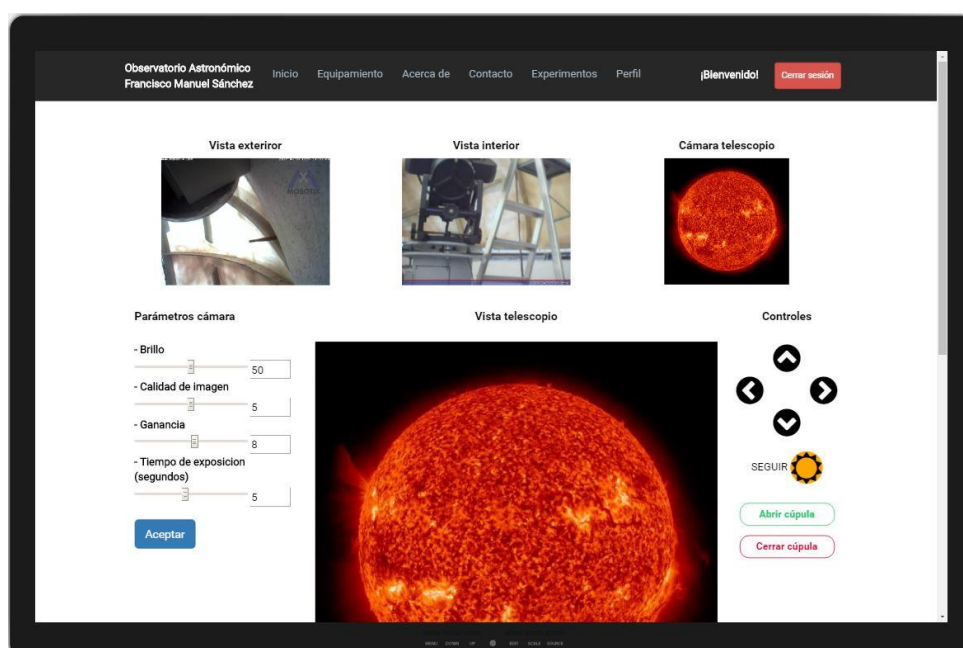


Figura 4.30: Página de Observación en versión de escritorio I.

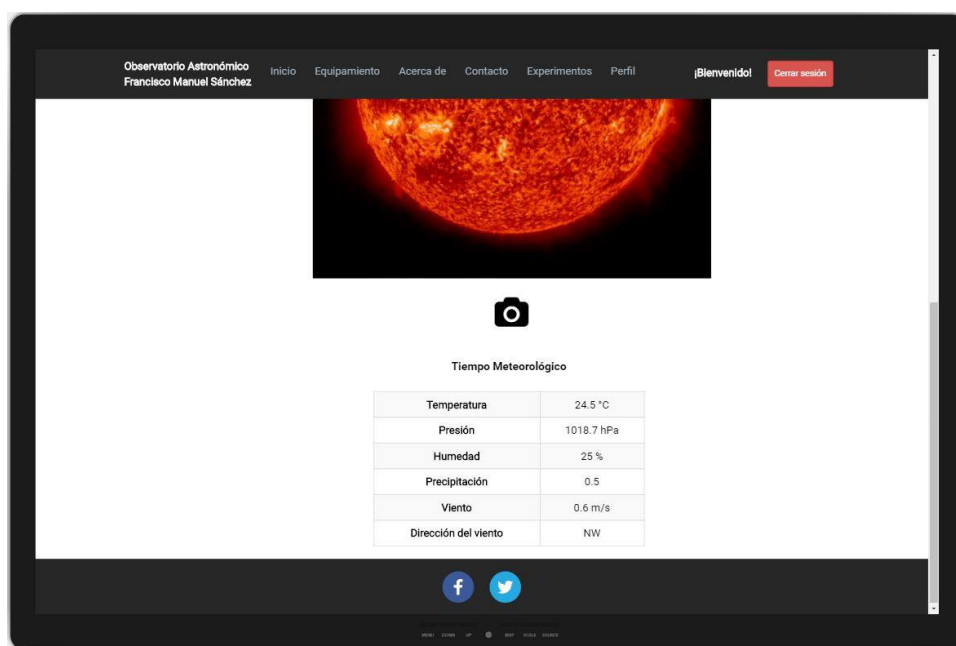


Figura 4.31: Página de Observación en versión de escritorio II.

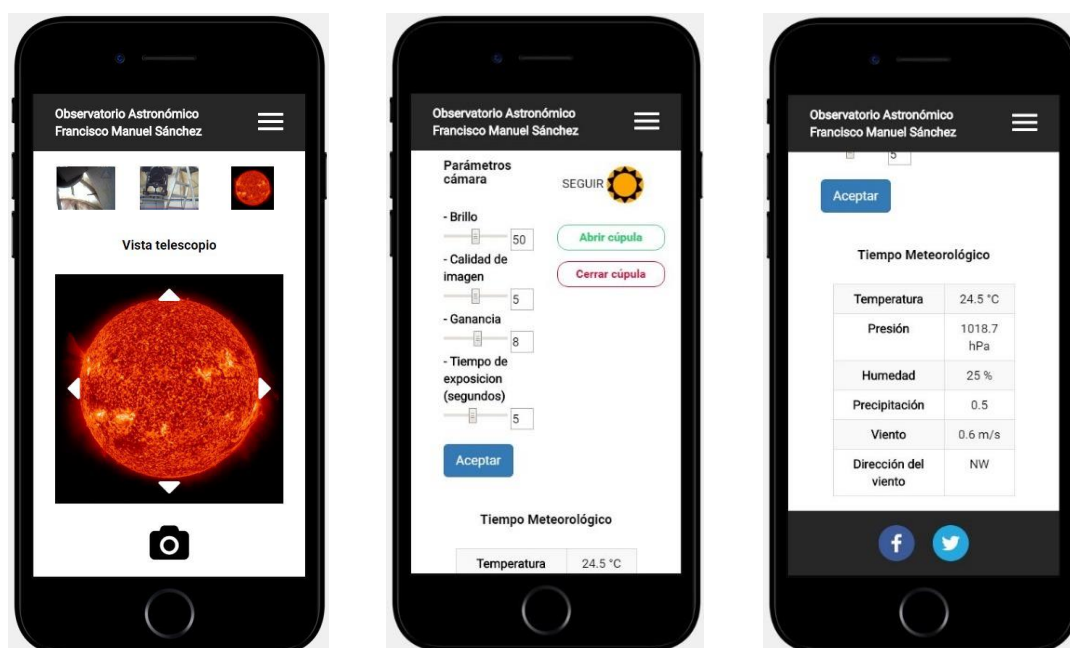


Figura 4.32: Página de Observación en versión móvil.

4.6 Despliegue y pruebas

El despliegue de la aplicación web se ha hecho directamente en el servidor Venus del Departamento de Arquitectura y Tecnología de Sistemas Informáticos (DATSI). Se han subido los ficheros de la aplicación al servidor, en el directorio `var/www/html` y se ha creado un archivo de configuración `.htaccess` para realizar cambios en servidor Apache para que, cualquier acceso a una ruta que no exista en la aplicación, el usuario sea redireccionado a la página de inicio

En cuanto a las pruebas de la aplicación han sido muy exhaustivas. Se han realizado pruebas unitarias para comprobar que el contenido de las vistas se visualizaba correctamente y las funciones se ejecutaban sin fallo. También durante todo el proceso de desarrollo de la aplicación se han llevado a cabo pruebas de integración, de sistema y de funcionalidad, comprobando la interacción con la API y en definitiva comprobando el correcto funcionamiento de la aplicación en conjunto, en los navegadores más utilizados hoy en día y en varias de sus versiones a través de una aplicación llamada BrowseEmAll [33], que permite visualizar la aplicación web en multitud de navegadores incluso en versiones más antiguas. También, como se ha ido repitiendo a lo largo de este documento, se han probado en multitud de dispositivos con diferentes resoluciones de pantalla para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación en todos ellos. Además, para confirmar, por si había dudas, su funcionamiento, se ha probado en dispositivos reales resultando las pruebas satisfactorias.

Capítulo 5

CONCLUSIONES

5.1 Conclusión

Finalizado el proyecto, se ha conseguido alcanzar su verdadero objetivo, el realizar una aplicación web responsive que permita, a cualquier usuario y a través de cualquier dispositivo con acceso a internet, controlar remotamente el Observatorio Francisco Manuel Sánchez.

Mediante la API REST del Observatorio, se ha logrado alcanzar el objetivo de implementar funcionalidades e incorporarlas a la aplicación desarrollada. Al ser la API REST una maqueta que sigue en desarrollo, no se han especificado todavía todos los servicios de los que dispondrá, como pueden ser la captura de imágenes y de video y su posterior descarga por parte del usuario.

Ha sido complicado el desarrollar la aplicación un paso por delante del desarrollo de la API REST, ya que, cuando cambiaba la definición de ésta última y se tenía que modificar el código de la aplicación web para adaptarla a la nueva versión de la API.

5.2 Futuras mejoras

Ahora mismo la aplicación está en una versión inicial, dispone de las funcionalidades básicas para su utilización, pero con el tiempo se pueden introducir múltiples funcionalidades y mejoras.

Se proponen las siguientes mejoras:

- Añadir la posibilidad de realizar capturas de imágenes y videos de la observación que se esté realizando y se guarden en una base de datos y el usuario tenga acceso a los ficheros durante un tiempo determinado, pudiendo filtrar por fecha imágenes y videos tomados para su posterior descarga. La aplicación actualmente dispone de la opción de capturar fotos modificando una serie de parámetros a la espera de que se añada a la API esta nueva característica.
- Hoy en día la importancia de las redes sociales en la vida de muchas personas es indudable, sería una gran mejora y además muy atractiva la introducción de algún sistema, que permitiera al usuario compartir los resultados de sus experimentos,

imágenes tomadas, así como un link para acceder a la aplicación, <http://venus.datsi.fi.upm.es/>, para llegar a una mayor cantidad de personas.

- Ya que la aplicación va dirigida a cualquier usuario, sería necesario añadir la opción de cambiar el idioma de la aplicación. Ya sea creando un fichero de traducción para uno o varios idiomas pudiendo así elegir el usuario el idioma en el que quiere visualizar la aplicación. O añadiendo una traducción automática del idioma de la aplicación al idioma del navegador web desde el cual se visualiza con la ayuda del traductor de Google.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Grupo Cíclope,» [En línea]. Available: <http://ciclope.fi.upm.es/>.
- [2] «GLORIA Project,» [En línea]. Available: <http://gloria-project.eu/es/>.
- [3] «GeoEnciclopedia,» [En línea]. Available:
<http://www.geoenciclopedia.com/observatorios-astronomicos/>.
- [4] K. Čapek, de *RUR. Robots Universales Rossum : obra en tres actos y un epílogo*, Barcelona, Círculo de Lectores, S.A. , 2004, p. 144.
- [5] A. J. Castro-Tirado, «Robotic Autonomous Observatories: A Historical Perspective,» *Hindawi Publishing Corporation*, vol. 2010, pp. 1-8, 2010.
- [6] «Galaxy On Line Database Milano Network,» [En línea]. Available:
http://goldmine.mib.infn.it/educational/galleries/PhotoGallery4/pages/h5m_BTA_6m.html.
- [7] «University of Wyoming,» [En línea]. Available:
<http://physics.uwyo.edu/~WIRO/>.
- [8] F. V. Hessman. [En línea]. Available: <http://www.astro.physik.uni-goettingen.de/~hessman/>.
- [9] «Wikipedia,» [En línea]. Available:
https://en.wikipedia.org/wiki/Citizen_science.
- [10] «ETS de Ingenieros Informáticos UPM,» [En línea]. Available:
<https://www.fi.upm.es/?pagina=827>.
- [11] «ETS de Ingenieros Informáticos UPM,» [En línea]. Available:
<http://www.upm.es/portal/site/institucional/menuitem.f77d63875fa4490b99bfa04dffb46a8/?vgnnextoid=ff7cc627c031f110VgnVCM10000009c7648aRCRD>.
- [12] «ETS de Ingenieros Informáticos,» [En línea]. Available:
<https://www.fi.upm.es/?id=om>.
- [13] «ETS de Ingenieros Informáticos UPM,» [En línea]. Available:
<https://www.fi.upm.es/?pagina=607> .
- [14] «Grupo Cíclope,» [En línea]. Available:
<http://mercurio.datsi.fi.upm.es/index.php/es/ciencia-ciudadana/> .

- [15] G. Play. [En línea]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gloria.offlineexperiments&hl=es>.
- [16] «Grupo Cíclope,» [En línea]. Available: <http://ciclope.fi.upm.es/index.php/es/experimento-wolf/>.
- [17] «Cazasteroides,» [En línea]. Available: <http://cazasteroides.org/es/>.
- [18] «Grupo Cíclope,» [En línea]. Available: <http://ciclope.fi.upm.es/index.php/es/cazadores-de-asteroides/>.
- [19] «Grupo Cíclope,» [En línea]. Available: <http://mercurio.datsi.fi.upm.es/index.php/es/proyectos/>.
- [20] «MEGARA,» [En línea]. Available: <https://guaix.fis.ucm.es/megara>.
- [21] «Astromadrid,» [En línea]. Available: <http://astromadrid.cab.inta-csic.es/megara-un-instrumento-para-el-gtc-liderado-desde-madrid/>.
- [22] «GLORIA Project,» [En línea]. Available: <http://gloria-project.eu/about-es/>.
- [23] «ASTROMADRID,» [En línea]. Available: <http://astromadrid.es/>.
- [24] «ASTROCAM,» [En línea]. Available: <http://tornasol.datsi.fi.upm.es/astrocam/>.
- [25] «Wikipedia,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Document_Object_Model.
- [26] «AngularJS,» [En línea]. Available: <https://angularjs.org/>.
- [27] «Wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/AngularJS>.
- [28] «Devcode,» [En línea]. Available: <https://devcode.la/tutoriales/angularjs-vs-backbonejs-jquery-reactjs/>.
- [29] «Wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/React>.
- [30] «Cursoangularjs,» [En línea]. Available: http://www.cursoangularjs.es/doku.php?id=unidades:01_introduccion:03_porqueangularjs#ember.
- [31] «<http://algo3.uqbar-project.org/>,» [En línea]. Available: <http://algo3.uqbar-project.org/material/herramientas/angular/angular---conceptos-principales>.

- [32] «Google Analytics,» [En línea]. Available: <https://www.google.es/intl/es/analytics/>.
- [33] «BrowseEmAll,» [En línea]. Available: <https://www.browseemall.com/>.
- [34] «Bennadel,» [En línea]. Available: <https://www.bennadel.com/blog/2439-my-experience-with-angularjs---the-super-heroic-javascript-mvw-framework.htm>.

Este documento esta firmado por



Firmante	CN=tfgm.fi.upm.es, OU=CCFI, O=Facultad de Informatica - UPM, C=ES
Fecha/Hora	Thu Jul 06 19:50:00 CEST 2017
Emisor del Certificado	EMAILADDRESS=camanager@fi.upm.es, CN=CA Facultad de Informatica, O=Facultad de Informatica - UPM, C=ES
Numero de Serie	630
Metodo	urn:adobe.com:Adobe.PPKLite:adbe.pkcs7.sha1 (Adobe Signature)